

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107 R001 Chemická technologie zušlechťování

**KOPŘIVA DVOUDOMÁ JAKO ZDROJ**  
**TEXTILNÍCH VLÁKEN**

**URTICA DIOICA L. AS A SOURCE OF**  
**TEXTILE FIBRES**

Zuzana Bednaříková

**Vedoucí bakalářské práce:** Doc. Ing. Jakub Wiener

**Rozsah práce:**

Počet stran textu	80
Počet obrázků	48
Počet tabulek	36
Počet grafů	11

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 12.5.2008

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé poděkování patří všem, kteří mi poskytli neocenitelné informace a odbornou pomoc. Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Wienerovi Ph.D., Ing. Bjelkové a všem zúčastněným zaměstnancům společnosti Agritec s.r.o. a Ing. Antonovovi ze společnosti INOTEX s.r.o., Ing. Machaňové a Ing. Grabmüllerové. Dále společnosti Canabia s.r.o a Ondřejovi Körnerovi ze společnosti Mohelnická zemědělská s.r.o.

Neopomenutelný dík patří mé rodině, která mi byla oporou po celou dobu studia.

## ANOTACE

Kopřiva dvoudomá (*Urtica Dioica* L.), známá jako běžný plevel, je schopná poskytovat kvalitní vlákna podobná bavlně. Struktura kopřivy se ale blíží spíše vláknům lýkovým a s tím souvisí i způsob jejich zpracování. Hlavním cílem této práce bylo ověřit možnosti získávání vláken kopřiv technologickými postupy používanými pro len. Podstatou teoretické části je uvedení do problematiky přadných rostlin – lnu, konopí a kopřivy a představení jejich možného využití především jako vlákenného zdroje. Experimentální část práce je zaměřena na technologii získání kopřivového vlákna. Součástí experimentální práce je provedení základní předúpravy na získaných vláknech za použití alkálií a průmyslových enzymů. Jedním z cílů této práce je prezentovat přednosti tuzemských lýkových vláken se zvláštní pozorností zaměřenou na vlákno kopřivové. Kopřiva je zdroj vláken pro textilní i technické využití s obrovským ekologickým potenciálem.

### KLÍČOVÁ SLOVA:

kopřivové vlákno, len, konopí, rosení, průmyslové enzymy, předúprava

## ANNOTATION

*Urtica Dioica* L., known as an usual weed, is able to provide quality fibres similar to cotton fibres. The nettle plant has the structure of bast fibres and it relates with its processing. The prime aim of this work is verification of processing possibilities for nettle fibre and their comparsion with flax – processing technologies. The subject matter of experimental part is introduction into the problems of fibre plants – flax, hemp and nettle and presentation their potential use as a source of fibre. Experimental part of this work is concentrated on early processing and fibre production. This part includes the realization of basic pretreatment on acquired fibres with using alkaline agents and industrial enzymes. This work should demonstrate preferences of domestic bast fibres with especial focus on nettle fibre. *Urtica Dioica* L. is a source of fibers for textile and technical use with huge ecological potential.

### KEY WORDS:

nettle fibre, flax, hemp, retting, industrial enzymes, pretreatment

## Obsah:

Seznam použitých symbolů .....	8
ÚVOD .....	9
I. TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1 ZAŘAZENÍ VLÁKEN KOPŘIVY DVOUDOMÉ .....	11
2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY .....	13
2.1 Kopřiva jako konkurence bavlny .....	13
2.2 Zdraví .....	14
2.3 Obnovitelnost .....	14
3 KOPŘIVA VE SROVNÁNÍ SE LNEM A .....	15
KONOPÍM .....	15
3.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SROVNÁVANÝCH ROSTLIN: .....	15
3.1.1 Kopřiva dvoudomá ( <i>Urtica Dioica</i> L.) .....	15
3.1.2 Len přadný ( <i>Linum Usitatissimum</i> L.) .....	16
3.1.1 Konopí seté ( <i>Cannabis Sativa</i> L.) .....	16
3.2 KOPŘIVA A DALŠÍ PŘADNÉ ROSTLINY – MINULOST A .....	17
SOUČASNOST .....	17
3.2.1 Období od pravěku po světové války .....	17
3.2.2 Období světových válek .....	18
3.2.3 Současnost .....	20
3.3 STAVBA STONKU A VLÁKNA .....	23
3.3.1 STONEK .....	23
3.3.2 VLÁKNO .....	25
3.3.2.1 Fyzikální vlastnosti vlákna .....	25
3.3.2.2 Chemické vlastnosti vlákna .....	27
3.4 MOŽNOSTI VYUŽITÍ VLÁKEN .....	29
3.5 VEDLEJŠÍ PRODUKTY .....	32
3.5.1 Z tírenských odpadů .....	32
3.5.2 Z rostlin .....	33
4 ZPRACOVÁNÍ VLÁKNA .....	34
4.1 Biologický proces .....	34
4.1.1 Rosení .....	34
4.1.2 Máčení .....	35
4.2 Mechanický proces .....	36
4.3 Zpracování kopřivového vlákna .....	37
4.3.1 Technologie zeleného lnu – „Flockenbast - Verfahren“ .....	37
4.3.2 „Elster - Verfahren“ .....	37

5	ENZYMY .....	38
5.1	Co je to enzym? .....	38
5.2	Jak enzym působí? .....	38
5.3	Výhoda enzymů .....	39
5.4	Kde je možno enzymy použít?.....	40
II.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	41
6	ZÍSKÁNÍ A SEPARACE VLÁKEN.....	41
6.1	Surovina .....	41
6.2	Separace .....	41
6.2.1	Technologie rosení.....	42
6.2.2	Technologie máčení v čisté vodě.....	53
6.2.3	Technologie máčení za účasti enzymů .....	53
6.2.4	Technologie zeleného stonku.....	54
7	PŘEDÚPRAVA.....	56
7.1	Vliv enzymů na surová nezpracovaná vlákna.....	56
7.2	Vyvářka.....	57
7.3	Bělení .....	59
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	61
8.1	Vzhled vlákna .....	61
8.2	Technologie separace.....	62
8.2.1	Rosení .....	62
8.2.2	Máčení .....	64
8.3	Výdajnost vlákna .....	65
8.3.1	Technologie rosení.....	65
8.3.2	Technologie máčení v čisté vodě.....	66
8.3.3	Technologie máčení za účasti enzymů .....	66
8.3.4	Technologie zeleného stonku.....	66
8.4	Úprava vlákna .....	66
8.4.1	Vliv enzymu na surová nezpracovaná vlákna.....	66
8.4.2	Vyvářka.....	69
8.5	Bělení .....	71
8.6	Ekologický a ekonomický potenciál.....	74
8.7	Publikační činnost.....	74
9	ZÁVĚR: .....	76
	Použitá literatura: .....	77

## Seznam použitých symbolů

atd.	- a tak dále
tzv.	- tak zvaný
convar.	- odrůda
L.	- řazení v botanické systematice podle K. Linného
THC	- tetrahydrocannabinol - psychoaktivní látka nacházející se v květech konopí
př. n. l.	- před našim letopočtem
ha	- hektar
GmbH	- společnost s ručením omezeným
zjm.	- zejména
EU	- Evropská unie
μm	- mikrometr
cN/tex	- centinewton na tex
GPa	- gigapascal
ES	- komplex enzym-substrát
EP	- komplex enzym-produkt
pH	- vodíkový exponent



## ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá potenciálním využitím kopřivy dvoudomé jako zdroje vláknů v souvislosti s novými možnostmi jejich zpracování a zušlechťování. Obecně má efektivní řešení zpracování přírodních vláken bez ztráty na kvalitě má v současnosti pro tento druh vláken zásadní význam a bude ovlivňovat i zájem zpracovatelů v budoucnosti.

Vlákno kopřivy dvoudomé patří svým řazením mezi vlákna lýková. Proto je do této práce zařazen i teoretický úvod do problematiky struktury a zpracování lýkových vláken jako je len a konopí, přičemž jsou tyto vlákna srovnávána v současnosti s poměrně neznámým vláknem kopřivovým.

S ohledem na aktuální, ne příliš příznivý, vývoj v oblasti přadných rostlin pro textilní zpracování by se mohlo zdát, že lýková vlákna postupně pozbývají na zajímavosti. Existuje ale řada důvodů, proč by se jim zpracovatelé stále měli nadále věnovat. Pro obhajobu těchto specifických vláken je nutné zdůraznit jejich přednosti a výjimečné vlastnosti, kterými mohou konkurovat především bavlně a syntetickým vláknům. Ve srovnání s bavlnou je to dostupnost těchto vláken jako tuzemského zdroje nejen textilní suroviny a také stále přetrvávající zkušenosti s tímto odvětvím v našich podmínkách. Zde má velkou šanci právě kopřiva, která je svou podstatou ze všech zmiňovaných lýkových vláken bavlně nejpodobnější. Další velice významnou výhodou je pevnost a odolnost lýkových vláken, proto je pro ně charakteristické i časté používání v technických oblastech. I přesto, že byla tato vlákna v mnohém nahrazena vlákny syntetickými, stále si oproti nim ponechávají určité výhody. Jsou to především environmentální aspekty, o kterých je pojednáno v následujících kapitolách.

To, co dnes obecně ztěžuje lýkovým vláknům situaci, je kromě ekonomických důvodů především poněkud složitější příprava. Jejich největší konkurent v oblasti přírodních vláken, bavlna, se sklízí v chomáčcích přímo na poli a je v podstatě ihned připravena na další zpracování, což ovšem neplatí u vláken lýkových. Ty je po sklizni nutno nejprve zbavit odpadních součástí jako je dřevovina a krátké vlákno. Větší jednoduchost přípravy vlákna je však u bavlny vykoupena obrovskou zátěží pro životní prostředí. Dalším, velmi specifickým odvětvím, je předúprava lýkových vláken – oproti minulosti je dnes však k dispozici řada moderních technologií, které mohou tyto

postupy zjednodušit a optimalizovat. Ve spojení s mnohasetletými zkušenostmi se mohou stát novou šancí pro tuzemská vlákna. V této práci byly moderní technologie zastoupeny průmyslovými enzymatickými prostředky.

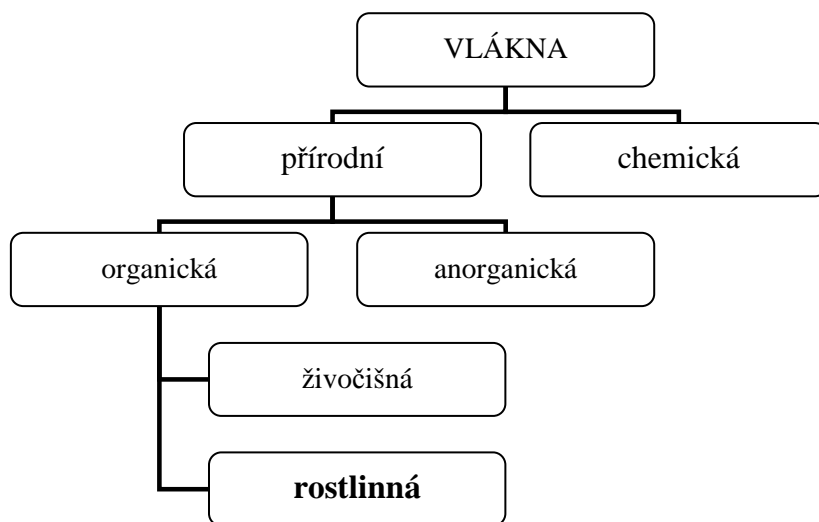
V první části této práce je teoreticky představena kopřiva dvoudomá ve srovnání s běžnými tuzemskými vlákny, se lnem a konopím. Základní znalosti problematiky lýkových vláken jsou nepostradatelné pro zkoumání nových technologií pro kopřivová vlákna.

V druhé experimentální části jsou uvedeny výsledky experimentu na běžně dostupné kopřivě dvoudomé, tzn. získání a základní předúprava vláken. Tato vlákna byla srovnávána se lnem a konopím.

# I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ZAŘAZENÍ VLÁKEN KOPŘIVY DVOUDOMÉ

Kopřivová vlákna se stejně jako len a konopí řadí mezi vlákna přírodní, rostlinná, získávaná ze stonků (obr. 1, Tab. 1). Souhrnný název pro tento typ vláken je **lýková vlákna**. Jsou založena na bázi celulózy, ale obsahují samozřejmě i další přírodní složky jako jsou hemicelulózy, pektiny, dusíkaté látky, tuky a vosky, barviva atd. [1]

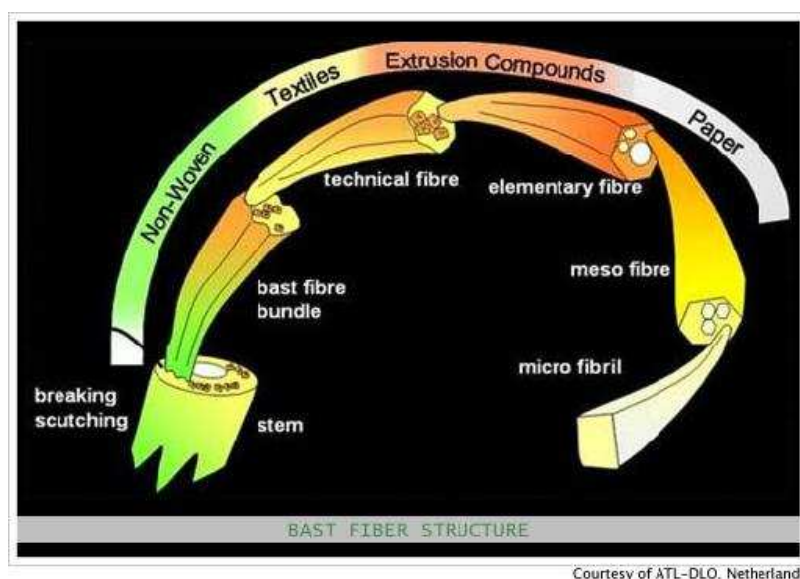


Obr. 1 Schéma zařazení rostlinných vláken

Tab. 1 Rozdělení rostlinných vláken

Rostlinná vlákna			
ze semen	ze stonků	z listů	z plodů
bavlna kapok	<u>len</u>		kokos
	<u>konopí</u>	sisal	
	juta	agave	
	<b><u>kopřiva</u></b>	henquen	
	ramie	abaca	
	kenaf		

Název lýková vlákna se odvozuje od uspořádání vláken ve struktuře stonku. Na rozdíl od elementárních vláken bavlněných jsou lýková vlákna uložena ve stonku ve svazcích a jsou součástí lýka rostliny. Lýko leží pod povrchem epidermis (pokožky) a je cambiem odděleno od další části rostliny – dřevoviny. Technické vlákno, obsažené v lýkové části stonku, je v podstatě souborem elementárních vláken pojených přírodními pojivy – pektiny (obr. 2).



Obr. 2 Struktura lýkových vláken [1]

Rozrušení pojiva a získání kvalitních elementárních vláken je významnou oblastí zájmu oboru chemického zušlechťování. Hlavním principem je oddělit lýko od dřevité části stonku a následně odstranit pektiny pojící jednotlivá elementární vlákna. To se může dít přirozenou biologickou cestou (např. rosení) nebo chemicky (např. mechanická dekortikace a následné chemické zpracování). Technologické postupy se v závislosti na druhu rostliny poněkud liší, ale jsou v podstatě velmi podobné. Navíc stále probíhá řada technologických výzkumů v oblasti optimální elementarizace, takže se i v samotných technologiích objevují dílčí změny a inovace.

## 2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY

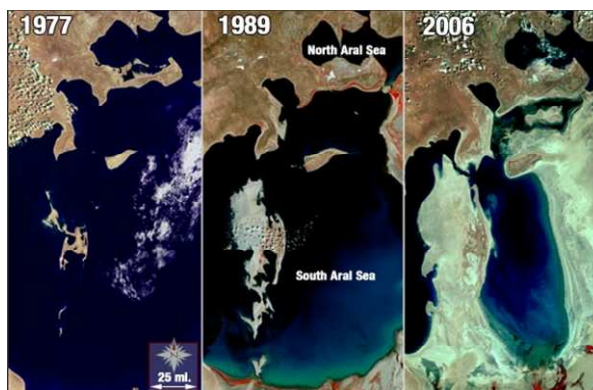
Jak již bylo zmíněno v úvodu, mezi hlavní výhody lýkových vláken, patří podstatně snížená zátěž pro životní prostředí. Tato kapitola se věnuje příznivým ekologickým vlastnostem tohoto typu vláken, což patří mezi jejich unikátní přednosti. Málokteré textilní vlákno je s vlákny lýkovými srovnatelné v tak komplexním smyslu. Jedná se především už o produkci samotné textilní suroviny, jejich zpracování až po samotné užívání spotřebitelem.

### 2.1 Kopřiva jako konkurence bavlny

Kopřiva dvoudomá je nejčastěji zmiňována jako ekologická náhražka bavlny. Bavlna patří stejně jako len, konopí a kopřiva do skupin přírodních vláken. Ve srovnání s vlákny lýkovými má ale produkce bavlny podstatně negativnější dopad na životní prostředí. Pěstuje se na přibližně 4 % veškeré hospodářské půdy světa [2], ale pro ošetřování rozlehlých monokultur je spotřebováno okolo 25 % světové produkce insekticidů a více jak 10% pesticidů. [3]. Životní prostředí navíc silně zatěžuje používání defoliantů (způsobují opadání listů) určených ke zjednodušení sklizně (obr. 3). Obrovským problémem je spotřeba vody. Pěstování na vodu extrémě náročné bavlny vede k ničení přirozených ekosystémů. Smutným příkladem je Aralské jezero (obr. 4):



Obr. 3 Sklizeň bavlny [2]



Obr. 4 Vysychání Aralského jezera [3]

V období let 1966 – 2003 klesla hladina jezera o 22 metrů, voda v něm je v podstatě jedovatá a okolí je zamořeno pesticidy, což má negativní dopad na zdraví obyvatel. [4] Bavlna je navíc často ještě sbírána ručně, výjimkou není ani dětská práce. [5]

Dalším problémem je doprava. Jelikož bavlna je teplomilná rostlina, lze ji pěstovat jen v některých částech světa a do místa zpracování se musí dovážet. Naproti tomu u kopřivy a dalších tuzemských lýkových vláken odpadá nutnost transportů na dlouhé vzdálenosti a zpracování v místě produkce je ekologicky a dnes díky vzrůstajícím cenám ropy v podstatě i ekonomicky šetrnější.

Kopřiva dvoudomá má, podobně jako konopí seté, schopnost vytvářet díky hustému porostu přirozený ekosystém, který je schopen se sám ubránit napadení škůdců. Tím odpadá nutnost používání pesticidů na ochranu rostlin, což je velmi výhodné jednak z hlediska ekonomického, ale hlavně ekologického – je zde vyloučena možnost, že by kopřiva obsahovala stopy chemikálií a vlákna lze tedy označit jako 100% ekologická. [6]

## **2.2 Zdraví**

V omezené míře kopřivová, ale často také konopná vlákna se dnes hrají velkou roli v trendu tzv. „ekotextilí“. Ekologické pěstování lnu je velmi problematické. Tento způsob se pěstuje v ekozemědělství, ale pokud není používána chemická ochrana rostlin, dochází k vysokému zaplevelení. K ekotextiliím se dnes často řadí i ekologicky pěstovaná bavlna. Při jejím pěstování se spotřebu pesticidů sice podařilo nahradit biotechnologiemi, které jsou ovšem často velmi rizikové. Odolní škůdci často ničí kvalitu vlákna, biovlákno je obvykle kratší a tím pádem náročnější na zpracování. Úroda je navíc podstatně nižší a biobavlnu prodrazí ještě nevyhnutelný ruční sběr. [7]

## **2.3 Obnovitelnost**

V souvislosti s lýkovými vlákny se často mluví o jejich netextilním využití, ať už se jedná o samotná vlákna nebo o vedlejší produkty vznikající při jejich výrobě a následném zpracování. Výhodou je jejich snadná obnovitelnost a dostupnost. V současné době je navíc pěstování technických plodin podporováno politikou Evropské unie. [8] U kopřivy má pojem obnovitelnost obzvláštní význam – tuto rostlinu není potřeba opětovně vysazovat, tzn. je zde vlákenný zdroj, který se doslova obnovuje sám. Navíc byly v roce 1999 v Bruselu speciálně pro pěstování vlákenných kopřiv schváleny dotace na pěstování. [6]

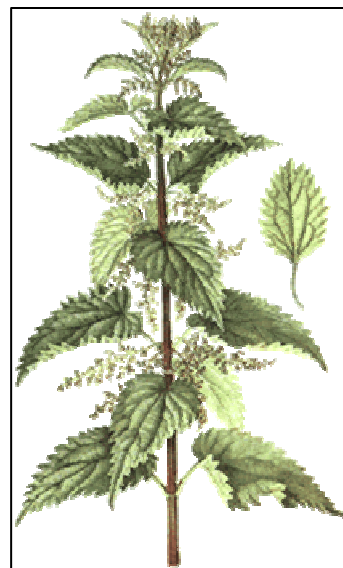
### 3 KOPŘIVA VE SROVNÁNÍ SE LNEM A KONOPÍM

Tato část práce je pojata jako srovnání kopřivy s běžně dostupnými lýkovými vlákny s poukázáním na specifika a rozdíly u vlákna kopřivového. Kapitola pojednává jednak o samotných přadných rostlinách, ale především o vlastnostech získávaných vláken.

#### 3.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SROVNÁVANÝCH ROSTLIN:

##### 3.1.1 Kopřiva dvoudomá (*Urtica Dioica* L.)

Kopřiva je běžná vytrvalá, vstřícnolistá bylina, kterou lze nalézt na humózních, vlhkých půdách, lužních lesích a rumištích. Patří do čeledi kopřivovitých (Urticaceae). Rod *Urtica* zahrnuje asi 35 druhů. Je rozšířena v mnoha druzích po celém světě, v Evropě se nejčastěji objevují druhy ***Urtica Dioica* L.** neboli kopřiva dvoudomá (obr. 5). Je známá především jako plevel, popř. jako rostlina použitelná pro lékařské účely (sběr listů). Z hospodářského hlediska je velmi podstatné, že se kopřiva řadí mezi trvalkovité rostliny. Kopřivu **není nutné**, na rozdíl od jednoletých odrůd lnu a konopí, po dlouhou dobu **opětovně vysazovat**. Firma Stoffkontor Kranz AG na svých internetových stránkách uvádí, že toto období může trvat až 20 let. [6]



Z rodiny *Urtica* je na vlákna použitelný ještě druh ***Urtica Cannabina***, která se používala v Rusku a na Sibiři. Je známá také pod názvem „švédské konopí.“ [9]

Pro vláknářské účely byla Dr. Bredemannem vyšlechtěna speciální odruda kopřivy, **Urtica Dioica convar. Fibra**, která se od divoké odlišuje těmito znaky:

- výška (až 2,8 m)
- obsah vlákna (divoká 3 – 8 %, šlechtěná přes 14 %) [9]
- rozvětvení (velice malé nebo žádné)
- přirozené letní opadávání listů v dolní části stonku [10]

### 3.1.2 Len přadný (*Linum Usitatissimum* L.)

Len se řadí do čeledi Inovitých rostlin. Je rozšířen především v oblastech mírného pásma. [40] Len je jako textilní rostlina známý od pradávna. Jeho pěstování však prošlo dlouhým vývojem a byly vyšlechtěny vyhraněné hospodářské typy – **len přadný** (obr. 6), který se používá pro výrobu textilních vláken, len olejný, zpracováváný na lněný olej a jejich přechodný typ – len olejnopřadný. [11]



Obr. 6 Přadný len [5]

### 3.1.1 Konopí seté (*Cannabis Sativa* L.)

**Konopí seté** (obr. 7) je jednoletá, jedno- i dvoudomá teplomilná rostlina z čeledi konopovité *Cannabaceae* původem ze střední Asie, dorůstající do délky od 150 až po 500 m (podle podmínek).

Dělí se na základní tři typy – konopí seté, konopí plané a konopí indické. Pro technické účely se používá pouze konopí seté. Jsou známy jeho tři formy (Tab. 2):



Obr. 7 Stonek konopí setého

Tab.2 Formy konopí setého

forma konopí setého	dorůstá výšky [ cm ]	doba vegetace
severní	80	80 dní
středoruské	200	80 – 120 dní
jižní	400	180 dní



Konopí díky své intenzivní fotosyntéze roste velmi rychle, přibližně 6 cm za den. Seče na konci zelené zralosti. Samčí rostliny (kohoutci) dozrávají dříve, jsou vyšší, ale nejsou vhodné na vlákno. [12]

*V souvislosti s konopím je nutno zmínit, že tato rostlina je často spojována především s užíváním drog. Narkotické účely má konopí hašíšné (Cannabis Indica) což je způsobeno obsahem psychotropní látky THC v množství až okolo 9 – 23 % [13] , kdežto pro průmyslové účely je pěstováno konopí seté s obsahem THC max. 0,2 %.[14] Pro zneužívání jako droga je tedy naprosto nevhodné. Dnes se konopí postupně daří očistit od jeho neprávem očerněné pověsti. V minulosti bylo zneužívání narkotického potenciálu této rostliny také jistým způsobem konkurenčního boje mezi zpracovateli jednotlivých surovin (zjm. dřevařských a papírenských).*

## 3.2 KOPŘIVA A DALŠÍ PŘADNÉ ROSTLINY – MINULOST A SOUČASNOST

### 3.2.1 Období od pravěku po světové války

**Kopřiva** se stejně jako jiná lýková vlákna používala již v dávné minulosti. Na našem území je doloženo, že v období neolitu (5000 - 4000 př. n. l.) se do oděvů utkaných z kopřivového vlákna oblékali již pravěcí lovci (potvrzeno nálezy z Věstonic a Pavlova). [15] Mnich Nestorius (okolo r. 900) informuje ve svých záznamech o mimořádně odolných lodních plachtách a oděvech vyrobených právě z kopřiv. [16]

V dalších stoletích se kopřivové vlákno hojně používalo především na pytle na obilí a mouku, zejména ve Francii, Jižním Německu a Švýcarsku. V roce 1723 byla v německém Lipsku založena manufaktura na zpracování kopřivových vláken. Toto vlákno bylo později, podobně jako len, nahrazeno dováženou bavlnou a rámií.

První větší vážný zájem o průmyslové využití kopřiv v období bavlňářské nouze (1862 – 1865). [17]

**Len** je velmi stará kulturní plodina a její používání je známo již z velmi dávné minulosti. Lze předpokládat, že již před 10 000 lety používali pravěcí lidé vlákna z divokého lnu. Užívání lněných materiálů se od této doby prolíná mnoha kulturami až do současnosti. V minulosti byli nejvýznamějšími lnářskými zeměmi Flandry, Francie, Nizozemí, Rusko, Anglie a Irsko. Nejvýznamějším producentem lnu a lněných semen bylo carské Rusko, nejvyšší kvality dosahovaly lny zpracované v Belgii, tzv. Courtai – lny, máčené v řece Lys.

Technologie zpracování lnu zůstávala dlouhá staletí prakticky nezměněna, k zásadnímu obratu došlo až okolo roku 1810, kdy Francouz Philip de Girard vynalezl stroj na mechanické spřádání lnu. To výrazně napomohlo rozvoji lnářství zejména v Anglii a Francii. Přesto nadešlo pro budoucnost lnu trvale nepříznivé období – díky dovozu bavlny.

Vývoj lnářství v českých zemích kopíroval po celá staletí vývoj v ostatních zemích, s jeho vzestupy i propady. Len se od nepaměti pěstoval především v horských oblastech, kde často nebyla vhodná půda pro jinou zemědělskou činnost. Do konce 18. století se technická úroveň změnila od středověku jen málo, většinou se jednalo jen o dílčí úpravy. Stejně jako ve světě, tak i v českých zemích se (s letitým zpožděním) začaly v době industrializace objevovat nové technologie – žakárový stav, mechanický stav, technologie mokrého předení. [18]

**Konopí** se stejně jako další lýkové rostliny pěstovalo od nepaměti. Předpokládá se, že ho do Evropy přinesli přibližně v 7. století Skytové. Nejvíce se jeho pěstování rozšířilo v 16. a 17. století. Jeho velkou výhodou je velká pevnost a odolnost vůči povětrnostním vlivům, proto se často uplatňovalo v námořní plavbě a při výrobě sítí a provazů. Stejně dlouho se používalo pro výrobu oděvů. [12] Často je zmiňována skutečnost, že první jeansy ušil Levi Strauss právě z odolného konopného plátna. [19]

### **3.2.2 Období světových válek**

Obě světové války měly pro tuzemské přadné rostliny zvláštní význam. Pěstování lýkových vláken je od dob masivního dovozu bavlny, tzn. od období průmyslové revoluce charakterizováno střídáním krizí a konjunktur. Obecně ale platí, že výroba lýkových vláken byla na vzestupu vždy před vypuknutím některého válečného

konfliktu, zejména pak obou válek světových. Nutnost vybavit armádu uniformami, plachtami a stany vedla ke krátkodobému, ale o to výraznějšímu nárustu produkce. [18]



Obr. 8 Výzva ke sběru kopřiv [6]



Obr. 9 Ruční sečení kopřiv [7]



Obr. 10 Sklizeň kopřiv [8]



Obr. 11 Sušení kopřivových stonků

Toto období bylo zásadní pro technologii výroby kopřivových vláken. Už během 1. světové války probíhalo zpracování kopřivových vláken. Organizovalo se jednak sbírání divoce rostoucích rostlin (obr. 8), ale zároveň v německu působila berlínská společnost „Die Nessel-Anbau-Gesellschaft GmbH“, která pěstovala záměrně kopřivy na ploše 300 ha. [16]

V následujícím válečném konfliktu se v pěstování kopřiv na vlákna pokračovalo (obr. 9, 10, 11). Bredemann uvádí, že díky vývoji zpracovatelských technologií během 2. světové války bylo již možné získat „opravdu krásná a upotřebitelná vlákna“. [17, str. 86]

Po skončení 2. světové války čekal kopřivu podobný osud jako len a konopí. S vynálezem snadněji vyráběných syntetických se zájem o tato vlákna vytrácel.

Kopřiva, původně náhražkové vlákno, byla postupně zapomenuta. Zejména v 50. letech se výzkumu textilního potenciálu kopřivy ještě věnoval Dr. Gustav Bredemann, ale k výsledkům jeho obsáhlé práce se odborná veřejnost obrací se zájmem až dnes. Nejčastěji citovaná je jeho práce z roku 1959 – „Die Grosse Brennessel *Urtica Dioica* L.“

### 3.2.3 Současnost

Na akademické půdě proběhla a stále probíhá řada výzkumů okolo pěstování a zpracování kopřiv na vlákna. Jedná se především o německé univerzity a instituty, tímto tématem se ale zabývají i v Rakousku a Velké Británii. Důležitá je i spolupráce se zpracovatelským odvětvím.

Institute, které se zabývají kopřivovými vlákny:

- Institut für Angewandte Botanik, Universität Hamburg (D)
- Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung (TITK)
- University of Bonn (D)
- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen (D)
- Institute of Organic Farming, University of Agricultural Sciences Vienna (A) [20]
- De Montfort University Leicester (GB) [21]

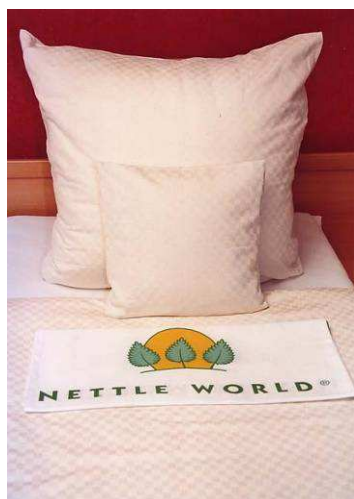
V posledních několika letech také probíhají výzkumy v centrální Itálii (Toskánsko). Zde se daří kopřivu pěstovat v poněkud odlišných podmínkách, v této oblasti jsou teploty vyšší a srážky méně vydatné. Maximální dosažený výnos vláken se pohyboval okolo 11 %. [39]

#### **Stoffkontor Kranz AG**

Ve zpracovatelské oblasti je nejvýznamnější firmou Stoffkontor Kranz AG z německého Lüchowa. Uvádí, že v roce 2007 sklídila 200 t kopřivových stonků. Kopřivy v současné době, tzn. do konce roku 2007 pěstovala na ploše 225 ha a to představuje více než 10 % ploch osázených vlákennými rostlinami v celém Německu. Zájem pěstitelů (systém smluvního pěstování) i zpracovatelů o tuto rostlinu stále roste. [22]

Tato společnost se soustřeďuje na výrobu ložního prádla (obr. 12) a limitovaných serií košil a kalhot (obr. 13) s příměsí kopřivových vláken (v rozmezí 10 – 20%). Její snaha podnikat v této oblasti je takřka celosvětově ojedinělá. Nelze říci, že by kopřivová vlákna byla novinkou, přesto je v současné době kopřiva nováčkem mezi přadnými rostlinami a je otázka, jak velký zájem o její využití lze v budoucnosti očekávat. V samotné České republice výzkum na toto téma zatím neproběhl.

Z produkce firmy Stoffkontor Kranz AG:



Obr. 12 Ložní souprava Adam [10]  
**10 % kopřivového vlákna**

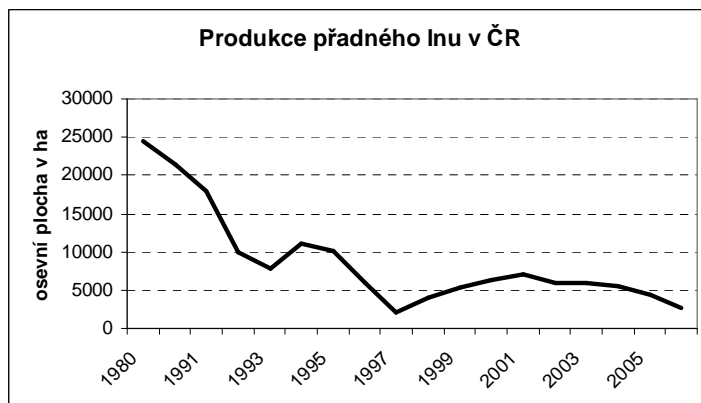


Obr. 13 Dámské jeansy [11]  
**20 % kopřivového vlákna**

**Kopřivové vlákno** si teprve pomalu začíná hledat své místo mezi textilními vlákny, rozhodně je však do budoucna zajímavé nejen pro oděvní a textilní oblasti. Ve prospěch těchto vláken hovoří i fakt, že kopřivu lze zpracovávat téměř totožnými metodami jako len a konopí. Proto je jejich budoucnost částečně spojena i se zájmem a vývojem v oblasti přadných rostlin obecně.

Produkce a zpracování **přadného lnu** zažívá v ČR hlubokou krizi (Graf 1). Ta je způsobena především konkurencí levného asijského zboží, vysokou rizikovostí a nízkou podporou pěstování lnu u nás a chybějící provozní kapitál u pěstitelů i zpracovatelů lnu. Celkově lze však říci, že tuzemská situace pouze kopíruje světový trend, kdy celosvětová produkce lnu dlouhodobě klesá. Stále ale ještě existují tradiční lnářské země – Belgie, Francie, Holandsko, kde je trend pěstování přadného lnu trvalý a bez výraznějších negativních výkyvů, což je způsobeno zjm. kontrolou cenové politiky. Tyto země jsou významnými světovými producenty (60 – 66% produkce). Světová Kopřiva dvoudomá jako zdroj textilních vláken

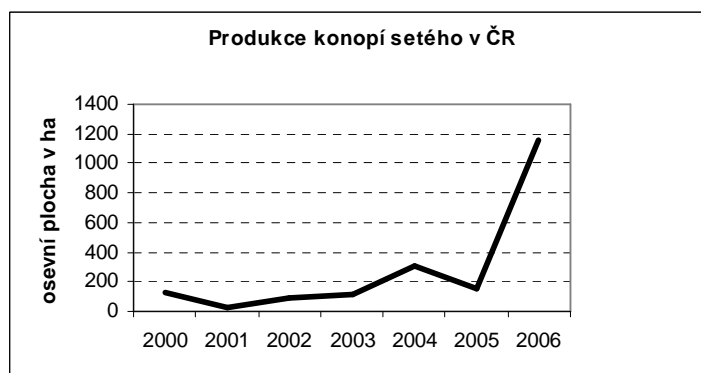
produkce je tedy koncentrována v západní Evropě, zjm. mezi řekami Šeldou a Seinou. Tuto oblast s tak vynikajícími výsledky a tradicí nelze jinde na světě nahradit.



Graf 1 Produkce přádného lnu v ČR

**Konopí** se po svém znovuoobjevení (a v mnoha případech i legalizaci) opět rozšiřuje jako zemědělská plodina v zemích EU. Objem jeho pěstování zůstává stabilní, produkce na vlákno stoupá a i do budoucna má jeho využití slibné perspektivy. Největšími evropskými pěstiteli jsou zjm. Francie, Velká Británie a Německo.

Přesto se takřka všechno konopné vlákno vyprodukované v EU používá pouze pro technické účely. Materiál (vlákna, příze, tkaniny) pro oděvní a interiérové účely se dováží z východní Evropy a Číny. Efektivní získání a zpracování konopného vlákna v takto použitelné kvalitě je stále předmětem evropských výzkumů.



Graf 2 Produkce konopí setého v ČR

V České republice proběhly první pokusy s pěstováním konopí v roce 1998 a od roku 1999, kdy byly povoleny první dvě odrůdy, se jeho pěstování stále rozšiřuje s velkými perspektivami i do budoucna (Graf 2). Zatím největší problém představuje vhodná sklizňová technika. [23]

### 3.3 STAVBA STONKU A VLÁKNA

#### 3.3.1 STONEK

**Kopřiva** má stonk hranatý, spíš čtyřhraný, pokrytý žahavými chlupy, které obsahují kyselinu mravenčí. Délka stonku se u běžných rostlin pohybuje okolo **50 – 150 cm** [24], u speciálně šlechtěných forem může dosáhnout až **2,8 m**. [10]

Hranatým tvarem stonku se kopřivě podobá **konopí**, na průřezu má vícehraný (čtyř až šesti) tvar, někdy až rýhovaný. Délka stonku může, v závislosti na podmínkách, dosahovat **3 a více metrů**.

**Len** má naproti tomu stonk kulatý, válcovitý a mírně kónický. Povrch je hladký. Stonk mívá v našich podmínkách délku **75 – 100 cm**. [11]

#### Struktura stonku u lýkových vláken

Stonky lýkových rostlin se skládají z následujících vrstev:

##### 1) EPIDERMIS

Pokožka rostliny, jedná se o nejsvrchnější vrstvu stonku. Skládá se ze zploštělých, na sebe těsně přiléhajících buněk. Součástí této vrstvy je **kutikula**, v ní je obsaženo i velké množství vosku, které chrání rostlinu před povětrnostními vlivy.

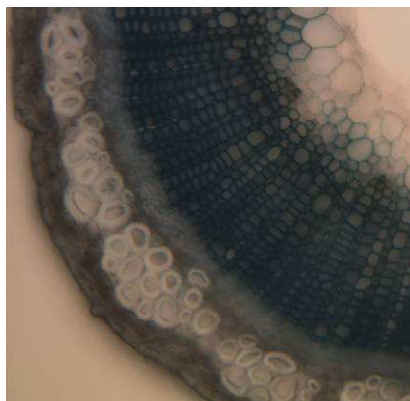
##### 2) LÝKOVÁ ČÁST

**Primární kůra** – tvořená parenchymem a kolenchymem. **Parenchym**, tzn. velké množství parenchymatických buněk s velkými mezibuněčnými prostory, se nachází pod pokožkou i v hlubší části stonku. **Kolenchym** je mechanické pletivo, jeho úkolem je zpevňovat mladé rostliny, ve kterých ještě není vytvořeno vlákno. Tato vrstva obsahuje chloroplasty, cukry a třísloviny.

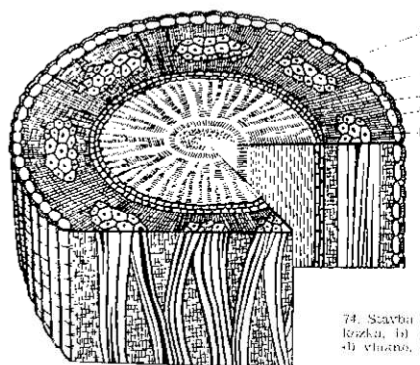
**Endodermis** – spodní vrstva obsahující velké množství škrobu. K ní se připojuje vrstva lýkových vláken. **Lýková vlákna** neboli **sklerenchym** – primárním úkolem těchto vláken je zpevňovat rostlinu. Jsou uloženy po celé délce stonku. U lnu a konopí se skládají z elementárních vláken slepených do svazků pomocí přírodních pojiv – pektinů.



*Na tomto místě je důležité připomenout jeden z nejzásadnějších rozdílů mezi kopřivou a lnem a konopím. Týká se způsobu uložení vláken ve stonku:*



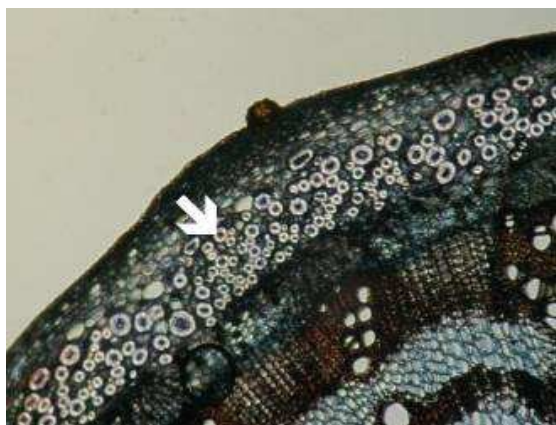
Obr. 14 Svazky el. vláken lnu [12]



74. Stavba konopného stonku: a) dřevina, b) parenchym, c) kambium, d) vláknina, e) dřevovina.

Obr. 15 Uložení svazků vláken v konopí [13]

Na obrázcích lnu (obr. 14) a konopí (obr. 15) je zřetelné, že elementární vlákna jsou v lýku uložena **ve svazcích**, tyto svazky se nazývají **technická vlákna**.



Obr. 16 Skupiny vláken ve stonku kopřivy [14]

Oproti tomu jsou vlákna kopřivy uložena v lýku spíše **ve skupinách** (obr. 16). Jsou méně stlačená dohromady a výsledkem toho je snadnější separace od lýkového materiálu. [9]

**Sítkovice** – buňky uložené pod vlákna, jejich úkolem je transportovat živiny v rostlině, končí jimi lýková část stonku.

### 3) KAMBIUM

Vytváří rozhraní mezi lýkovou částí stonku. Při separačních metodách se právě zde odděluje lýková část stonku od dřevoviny.



### 3) DŘEVOVINA

Velmi lehká zdřevnatělá hmota, je tvořena cévami, parenchymatickými a libroformními buňkami. Stejně jako lýková vlákna má za úkol vyztužit stonek rostliny. U lnu a konopí tvoří 50 – 65 % váhy stonku. [11]

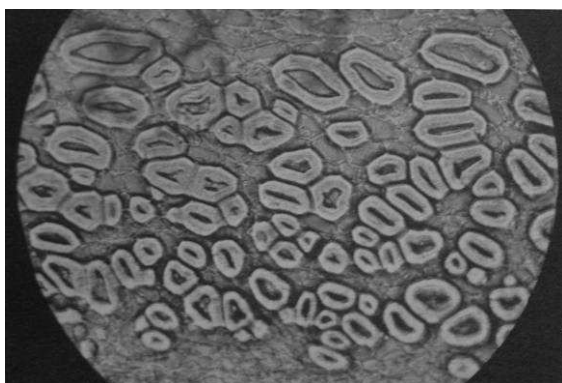
#### 3.3.2 VLÁKNO

##### 3.3.2.1 *Fyzikální vlastnosti vlákna*

###### **Kopřiva**

Jak již bylo uvedeno, u kopřivy nelze hovořit o technické délce vlákna, je lépe separovatelná na vlákna elementární. Avšak technická vlákna lnu a konopí jsou v podstatě také vlákna elementární, pojená do svazků pektiny. Elementární vlákna kopřivy se ale odlišují především tvarem:

Tvar buněk kopřivy je **oválný až oble polygonální** (obr. 17). Nejstarší a nejtenší vlákna jsou ve vnější části kůry. Délka a šířka dlouhého vlákna je ovlivněna druhem kopřivy, úrovní zralosti a výživou, místem kde se nachází ve vlákně a metodou získání vlákna. [9]



Obr. 17 Oblý tvar kopřivového vlákna [15]



Obr. 18 Bavlněné vlákno [16]

Oblý tvar vlákna by odůvodňoval přirovnávání vlákna kopřivy k vlákně bavlněnému (obr. 18).

Vlákna získaná ze stonku kopřivy jemná, téměř bílá, velmi dobře se barví a dobře sají vodu.

## Len a konopí

Vlákná lnu a konopí tvoří v podstatě jedna sklerenchymatická, na obou koncích zašpičatělá buňka. Pro oba druhy platí, že vlákna mají **hranolovitý tvar**, tím se liší od vláken kopřivy. [11]

Ve lnářské technologii jsou známy nejdůležitější kritéria kvality vlákna. Vzhledem k tomu, že kopřiva se řadí mezi vlákna lýková a zpracovává se obdobně, lze je uplatnit i pro tato vlákna:

**Pevnost** – nejdůležitější vlastnost vlákna, ovlivňuje především výtěžnost vlákna v tírenském zpracování a především jeho upotřebitelnost pro různé účely.

**Jemnost** – důležitý parametr pro přádelny, rozhoduje o tom, jak jemnou přízi bude možno z vláken vyrobit. Jemnost se zvyšuje pomocí vochlovacího procesu, je závislá na kvalitě třeného lnu.

Pevnost a jemnost jsou ve vzájemném vztahu, navzájem se silně ovlivňují. Obě vlastnosti souvisí se **štěpitelností** vlákna, která je závislá na rosení.

Čím více je vlákno naroseno, tím lépe lze štěpit a následně se lze dosáhnout větších jemností. Zároveň však klesá jeho pevnost.

**Délka** – ovlivňuje vochlovací proces, u vláken kratších než 50 cm již nelze provádět vochlování.

**Barva** – u lnu platí, že pokud došlo k technologické chybě během rosení (např. rezavá barva), vznikají potíže i v následujících úpravnických operacích jako je bělení a barvení. Je možné, že podobné problémy mohou vznikat u kopřivového vlákna. [25]

V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedeny základní vlastnosti kopřivového vlákna v porovnání se známými lýkovými vlákny. Pro úplné srovnání jsou zde uvedeny i charakteristiky bavlněného vlákna.

Tab.2 Fyzikální vlastnosti lýkových vláken

Fyzikální vlastnosti lýkových vláken				
	Len	Konopí	Kopřiva	Bavlna
Pevnost	62 cN/tex	74 cN / tex	50 cN/tex	20 - 40 cN / tex
Délka elementárního vlákna	32 mm	25 mm	40 – 70 mm	25 – 35 mm
Průměr elementárního vlákna	19 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	40 – 50 $\mu\text{m}$	12 – 17 $\mu\text{m}$
Tažnost	0,6 – 1,8 %	1,5 – 3 %	1,2 %	6 – 10 %
E - modul	93 GPa	90 GPa	41 – 65 GPa	11 GPa
hustota	1500 kg/m <sup>3</sup>	1500 kg/m <sup>3</sup>	1520 kg/m <sup>3</sup>	1570 kg/m <sup>3</sup>

Sestaveno z:

Wretfors, Ch.: Cultivation, processing and quality analysis of fibres from flax and industrial hemp – on overview with emphasis on fibre quality, Rapport 139, Report, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Biosystems and Technology, Alnarp 2005

Šmirous P. a kol.: Lnářský zápisník 2008, nakladatelství Agritec s.r.o., Šumperk 2007

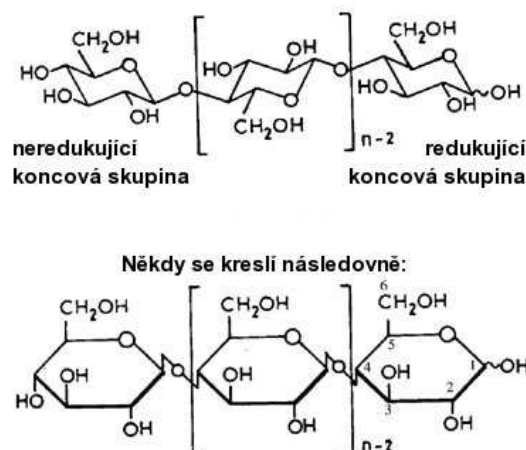
Dreyer, J., Edom, G.: Nettle, Bast and other plant fibres, Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005

Militký, J.: Přednášky: Textilní vlákna, Speciální vlákna, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005

### 3.3.2.2 Chemické vlastnosti vlákna

Kopřiva, stejně jako len a konopí patří mezi vlákna z přírodních polymerů. Jsou tedy založena především na bázi celulózy.

**Celulóza** je přírodní polysacharid, jehož základní stavební jednotkou je  $\beta$ -glukopyranóza ( $\beta$ -glukóza), spojená do polymeru 1,4-glukosidickými vazbami. Celulóza (obr. 19) je látka málo reaktivní, rychlost reakce je ovlivněna především strukturou – má vysoký podíl krystalických oblastí (70%), které málo reagují. [26]



Obr. 19 Struktura celulózy [17]

Kromě celulózy obsahují lýková vlákna také **hemicelulózy**, které se však na rozdíl od ní snadněji rozpouštějí ve zředěných kyselinách a zásadách. Hemicelulóza se od celulózy liší nižší relativní molekulovou hmotností a menším stupněm krystalického podílu. Na stavbě se podílejí beta-D-glukopyranosy a další monosacharidy - jak hexózy, tak i pentózy a eventuálně i jejich methylderiváty. Doprovázejí celulozu v jednotlivých vrstvách buněčné stěny. [27]

**Pektiny** jsou jednou z nejdůležitějších látek při zpracování lýkových vláken, jednak při separaci vláken od stonku, ale i při zpracování a zušlechťování samotného vlákna. Jsou součástí stonku i vláken. Rozlišujeme 2 typy pektinů:

**Pektin A** – tímto typem pektinu jsou spojena pletiva stonku a vlákna. Principem separačních metod, jako je například rosení, je prostřednictvím přírodních enzymů uvolnit vlákna od stonku. Pektin A je snadno rozložitelný, při rosení se téměř všechny rozkládá.

**Pektin B** – nachází se ve středních lamelách elementárních vláken, těžko zkvašuje. Má velký význam pro získání dlouhého vlákna. [11]

**Lignin** – je součástí dřevoviny a podílí se na dřevnatění vláken. Jeho obsah roste s postupující zralostí vlákna. [11] U kopřivového vlákna se udává, že lignin obsahuje pouze v nepatrném množství anebo vůbec žádný [9, str. 339], ale tento údaj se může lišit (viz. Tab 4).

**Třísloviny a vosky** jsou významné pro zabarvení vlákna během rosení. Třísloviny jsou obsaženy hlavně v pokožce, vosky jsou součástí stonku i vláken.

Ve stonku jsou obsaženy i další látky, které jsou důležité především při zpracovatelském procesu – poskytují živiny pro působící mikroorganismy. Jedná se o **cukry, bílkoviny a sloučeniny vápníku, draslíku a křemíku**. [11]

Následující tabulka (Tab. 4) uvádí procentuální obsahy jednotlivých složek v lýkových vláknech v porovnání s vláknem kopřivovým. Pro porovnání je doplněna i bavlna. Jednotlivé hodnoty mohou ale velmi kolísat, složení přírodních vláken je ovlivňováno mnoha faktory (klimatem, odrudou, podmínkami růstu atd.).

Tab.4 Chemické vlastnosti lýkových vláken

Chemické vlastnosti lýkových vláken				
	Len	Konopí	Kopřiva	Bavlna
Celulóza	70 – 80 %	77 %	88 %	88 – 96 %
Hemicelulóza	15 – 20 %	16 - 18 %	4 %	---
Pektin	0,4 – 4,5 %	4 – 18 %	0,6 %	0,9 – 1,2 %
Lignin	0,8 – 5,5 %	4 - 28 %	5,4 %	---

Sestaveno z:

Dreyer, J., Edom, G.: Nettle, Bast and other plant fibres, Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005

Militký, J.: Přednášky: Textilní vlákna, Speciální vlákna, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005

Machaňová, D.: Předúprava textilií I, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005

<http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2417>

[online 2. 5. 2008]

### 3.4 MOŽNOSTI VYUŽITÍ VLÁKEN

#### Textilie

Z minulosti je potvrzeno, že kopřiva může v každém případě poskytovat spřadatelné vlákno. V reálných podmínkách o tom přinesla důkaz již zmiňovaná firma Stoffkontor Kranz AG, která produkuje vysoce kvalitní výrobky obsahující 10 – 20 % kopřivového vlákna ve směsi s biobavlnou.

Při textilním zpracování vhodných kopřivových vláken by neměly vznikat žádné zásadní problémy. Jak uvádí Dr. Gustav Bredemann [16], pokud se při předení

přihlédne k mírné odlišnosti jednotlivých partií suroviny a uzpůsobí se tomu nastavení strojů, lze tato vlákna hodnotit pro předení velmi pozitivně. Specifikem těchto vláken je velký elektrostatický náboj, vznikající především při česání, který může způsobovat určité technické problémy.

Podle Bredemanna lze použitím kopřivových přízí dosáhnout zajímavých vlastností tkanin. Kopřivové materiály mají sice lněný vzhled, ale zatímco **len chladí, kopřivové vlákno hřeje**. Tato přirozená vlastnost by mohla být pro kopřivu velmi zajímavou výhodou, zejména tam, kde by pro modifikaci fyziologických vlastností nebylo vhodné použít vlákna syntetického původu nebo přímo vlnu, např. právě hřejivé ložní prádlo.

Kopřivu lze prohlásit za vynikající surovinu pro výrobu ekologických textilií. Ty se často ponechávají v režném stavu nebo se pouze bělí, kopřivové vlákno lze však bez problémů barvit, čistě kopřivové vlákno dokonce vyžaduje menší množství barviva než bavlna pro dosažení stejného barevného odstínu. [16]

Zvláště výrazný je ekologický potenciál kopřivových vláken. Kopřiva by mohla sdílet podobný osud jako konopí, které se také po letech zapomnění opět postupně vrací na textilní trh a jeho zpracovatelé teprve hledají hospodářskou a výrobní podporu. Jako názorný příklad by bylo vhodné uvést rumunskou firmu **Ecolution**. Ta je ukázkovým příkladem ekologického zpracovatele, konopná vlákna jsou v Rumunsku vypěstována a zpracována až na konečný výrobek nabízený zákazníkovi, čímž je naplněna podstata komplexního ekologického přístupu. Výrobky jsou designově velmi zajímavé (obr. 20) a představují stále populárnější trend „green-fashion“, tzv. zeleného odívání. [28] Celkově by toto pojetí mohlo být velkou inspirací pro mnohé evropské výrobce.



Obr. 20 Móda zn. Ecolution [18]



Obr. 21 Výrobky zn. Hempflax [19]

## **Technické oblasti**

Jestliže by se pro další uplatnění kopřivových vláken hledala inspirace v oblasti lněných a konopných vláken, daly by se mnohé možnosti nalézt právě v technických odvětvích.

Len a konopí v současnosti nacházejí uplatnění především v různých typech izolačních a výplňových materiálů (obr. 21), především ve stavebnictví, dále pak jako materiály pro výrobu interiérových panelů pro automobilový průmysl, zmiňována je i možnost použití pro oblast tzv. geotextilií. Zde mají obecně všechna přírodní vlákna výhodu v jejich snadné biologické odbouratelnosti. [29]

## **Kompozity**

Kopřivové vlákno má potenciál nahradit vlákna skelná. Ta se používají jako výztuhové vlákno v některých oblastech pro polymerní matriční kompozity. Kopřivová vlákna jsou o 30 – 40 % lehčí a pružnější než vlákna skelná. [9]

Kopřiva, má stejně jako len a konopí šanci uplatnit se v izolačních materiálech. Právě pro její schopnost nahrazovat skelná vlákna by bylo možné uvažovat o jejím použití za určitých podmínek jako náhražka za nebezpečná skelná vlákna.

Skelná vata se vyrábí z přírodního skla a fenolformaldehydu, který funguje jako pojivo. Její výroba je, zejména ve fázi tavby, stejně jako u polyuretanu velmi energeticky náročná. Je to materiál odolný proti hlodavcům a hmyzu a nepodléhá biologickému rozkladu, nicméně není vhodná do míst s vysokou vlhkostí. Navlhnutí skelné vaty její izolační schopnosti razantně snižují. Manipulace se skelnou vatou vyžaduje velkou opatrnost, protože ostrá a tenká vlákna snadno pronikají do kůže a způsobují bolestivé záněty. [30]

## **Papír**

Kopřiva jako zdroj celulózy může být použita pro výrobu speciálních druhů papíru. V minulosti se k výrobě papíru používala především rostlinná vlákna, dnes se producenti opět navracejí ke lnu a především konopí. Za kvalitní druhy papíru lze označit papír, který se používá na knihy, časopisy, bankovky, cigaretové a umělecké papíry. [31]

## 3.5 VEDLEJŠÍ PRODUKTY

### 3.5.1 Z tírenských odpadů

V současné době nabývá u lýkových vláken na významu možnost využití vedlejších produktů a zpracovatelských odpadů.

Při zpracování stonků na kvalitní vlákna vznikají především dva druhy odpadů:

- krátké vlákno
- pazdeří

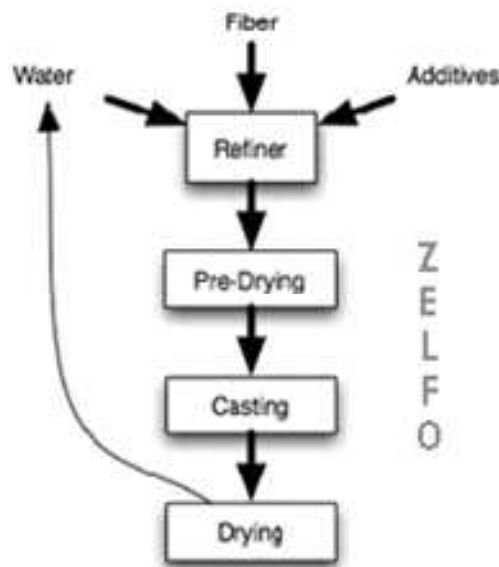
Následující příklady použití jsou známy pro len a konopí, nic ale nebrání jejich aplikaci na kopřivu.

#### Samodbouratelné výrobky

Při jejich výrobě je používáno lněné rouno z textilních vláken (koudele nižší jakosti, odpadová vlákna). Životnost těchto výrobků je ovlivněna použitým pojivem. Běžně se z tohoto materiálu vyrábí pěstební kelímky, různé obalové materiály, přepravky a palety. [32]

#### Plasty

Velmi progresivním využitím lýkových vláken je jejich zpracování na plasty (obr. 22). Např. australská firma **ZELFO** přichází na trh se 100% přírodními plasty. Jako surovina pro ZELFO plasty se používají rozmanité materiály obsahující celulózu - především různé druhy rostlinných vláken (konopí, sisal, juta, len), starý papír, různé odpadní produkty vznikající při zpracování vláken (přádelnické odpady) a dokonce i odpadní textilie. Jako pojiva jsou používána pouze přírodní aditiva a barviva a voda. Směs je poté vstřikována do forem a tepelně zpracována. [33] Výsledný materiál je tvrdý, pevný a netoxický. Jeho výhodou je i velká tvárnost. [34]

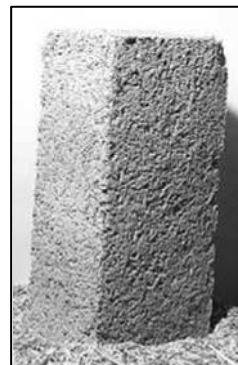


Obr. 22 ZELFO plasty [20]



### **Pazdeří**

Jsou to dřevovinové zbytky vznikající při dekortikaci vláken. Má širokou uplatnitelnost, nachází své uplatnění v energetice jako výborný topný materiál (pelety na topení) nebo surovina k výrobě různých dřevitých materiálů (jsou velmi lehké). Dalším možným využitím je podestýlka pro domácí a hospodářská zvířata a závodní koně, výhodou je velmi nízká prašivost, materiál je antiseptický, zvířatům nechutná a proto jej nepožírají. Lze je využít také jako stavební materiál, známá je francouzská stavební hmota Canosmose (obr. 23).



Obr. 23 [21]

### **3.5.2 Z rostlin**

Kromě vlákna jsou přadné rostliny schopné produkovat ještě další suroviny, záleží ovšem na prvotním účelu pěstování. U lnu a konopí jsou to semena, které je možno využít v potravinářství, především k výrobě kvalitních olejů. Olej lze využít i pro technické účely, např. konopný olej pro výrobu lazurovacích laků. [36]

U kopřivy je běžný sběr listů na výrobu čaje. Bredemann uvádí ještě další možné využití, jako zdroj chlorofylu a také jako zdroj přírodního barviva.

#### **Kopřiva jako barvivo**

Kořeny kopřivy lze použít k získání přírodního barviva žlutých odstínů. Zvláště kopřivová vlákna toto barvivo dobře přijímají, na vláknech vlněných je dosahováno světležlutého trvanlivého odstínu. Praktický význam ale tento způsob barvení neměl. [16]

## 4 ZPRACOVÁNÍ VLÁKNA

Vzhledem k velmi podobné struktuře stonků přadných rostlin je jejich zpracování založeno na obdobných principech. V následující kapitole jsou uvedeny nejběžnější postupy získávání vlákna ze stonků se zvláštním přihlédnutím k technologiím používaným pro výrobu vlákna kopřivového.

Všeobecně známé metody pro uvolňování vlákna z vláknitých rostlin je možno rozdělit na biologické, mechanické, fyzikální a chemické.

Nejčastější metodou separace lýkové části stonku od dřevoviny je tradiční metoda rosení a máčení, ale i v těchto původních technologiích však dochází k inovacím a optimalizaci, zjm. za pomoci průmyslově vyráběných enzymatických prostředků. Tento postup má za účel redukovat rizika znehodnocení vláken sklizené suroviny vlivem nepříznivých povětrnostních podmínek.

### Separace vláken od stonku

#### 4.1 Biologický proces

##### 4.1.1 Rosení

Rosení je technologický proces, při kterém se využívá činnosti přirozených mikrobiologických organismů. Ty mají za úkol rozložit látky, které pojí lýko s dřevnatou částí stonku a uvolnit tak cenná vlákna.

Tento proces je zcela závislý na klimatických podmínkách. Nejčastěji se rosí v období od poloviny srpna a počátkem září, potřebné je střídání teplot a určitá vlhkost.

Principem je ponechání posečených nebo vytrhaných stonků na poli. Proces rosení pro len trvá přibližně 3 až 4 týdny, během této doby je potřeba stonek několikrát obrátit (dvakrát až třikrát) a před samotnou sklizní lisováním načechrát.

Obr. 24 Rosení na rosišti (trávníku)



#### 4.1.2 Máčení

Podstatou je ponoření stonků do lázně (děje se tak v máčecích vanách) a pomocí působení vzduchu a mikroorganismů oddělit lýko od dřevoviny. Doba máčení je závislá na použité teplotě vody. Běžným způsobem je máčení v čisté vodě. Během máčení však vznikají kyseliny, které mění pH a proto je nutné lázeň upravovat pufrujícími a neutralizačními přísadami (soda) upravovat. Přídavkem látek podporujících růst mikroorganismů (fosfor, dusík) nebo speciálních enzymatických kultur je možno podpořit probíhající proces. U anaerobního studenovodního máčení trvá tento proces 3 – 4 týdny, při použití zvýšené teploty se zkracuje.

Proces máčení lze rozdělit do třech fází:

Tab. 5 Fáze máčení

<b>Fyzikální fáze</b>
Trvá 6 – 10 hodin u lnu, 24 – 32 hodin u konopí, do vody se dostávají rozpustné látky.
<b>Předběžná biologická fáze</b>
Trvá 6 – 10 hodin u lnu, 24 – 32 hodin u konopí, do vody se dostávají rozpustné látky.
<b>Biologická fáze</b>
Trvá 20 a více hodin, zkvašují se pektiny

Existuje několik typů procesu máčení. Rozlišuje se podle přístupu vzduchu:

*Aerobní máčení* – princip spočívá v dostatečném přístupu vzduchu do lázně

*Anaerobní máčení:*

Tab. 6 Typy anaerobního máčení

<b>studenovodní</b>	nezvýšená teplota
<b>vlažnovodní</b>	22 – 26 °C
<b>teplovodní</b>	32 – 34 °C

Obr. 25 Máčecí vany



## 4.2 Mechanický proces

Velmi podstatnou součástí zpracovatelského procesu je mechanické zpracování. Biologické a mechanické zpracování se navzájem doplňují. Při získávání vlákna ze stonku je velmi důležité seřízení a nastavení strojů, jinak hrozí poškození vlákna. Jednotlivé partie suroviny se mohou lišit.

Zpracování stonků probíhá v tzv. **tírnách**. Většina používaného strojního zařízení pracuje na stejném principu: stonek je nejprve urovnán, pak je lámán v systému lamacích válců, aby se rozdrtila dřevovina. Dále postupuje do oflakovacího ústrojí, kde dřevovinu od stonku uvolní křídleny. Při tomto zpracování vznikají tři základní tírenské produkty – dlouhé vlákno, krátké vlákno (koudel), dřevovina (pazdeří).

Po tírenském zpracování následuje tzv. **vochlování** – zjemňování vlákenných svazků pomocí systému vochlovacích hřebenů s velkým počtem jehel. Dochází tak k oddělení krátkých, nepevných a zacuchaných vláken. Vlákna se také zbaví pazdeří, plevelů a dalších nečistot. [18]

Z moderních technologií stojí za zmínku tzv. **metoda STEX** (steam explosion), vyvinutá v Institute for Applied Research v německém Reutlingenu:

Surovinou jsou dekortikovaná a dobře očištěná konopná vlákna. Vybraný materiál je předupraven impregnačním roztokem alkálie a vystaven intenzivnímu působení v reaktoru podobném tlakovému hrnci. V závislosti na požadovaných výstupních parametrech vláken jsou upravovány následující faktory:

- tlak (0 – 12 bar)
- čas (1 – 30 min)
- koncentrace alkálie

Principem je pronikání páry pod tlakem a za zvýšené teploty mezi vlákna technického svazku. Střední lamela a další substance jsou tímto procesem jemně odděleny a jsou zároveň rozpustné ve vodě.

Po uplynutí reakčního času je náhle pomocí uzavíracího ventilu nastaven normální tlak („steam explosion“), vlákna jsou následně propírána a dále zušlechťována. Na délce reakčního času závisí výsledné výstupní parametry vláken.

Takto zpracovaná vlákna je možno použít v bavlnářském přádelnickém průmyslu pro vypřádání jemných přízí. Konopná vlákna mají větší pevnost – okolo 60 cN/tex, na rozdíl od bavlny, která má pevnost kolem 35 cN/tex. Další využití je samozřejmě možné i v průmyslu technických a netkaných textilií, filtrů, kompozitů atd. [29]

Zajímavé je, že tato metoda připomíná níže uvedené „Elsterské“ zpracování kopřivových vláken, lze tedy předpokládat, že by mohla být pro kopřivová vlákna použitelná.

### **4.3 Zpracování kopřivového vlákna**

Zvláštní kapitolou je zpracování kopřivového vlákna. Obě metody - rosení a máčení - uvádí literatura jako nepříliš vhodné. „Máčení je nevhodné, protože je silně znečišťující a mikroorganismy pracují na kopřivě příliš rychle.“ [9, str. 339 - 340] Dr. Gustav Bredemann informuje o nepříliš vhodném použití metody rosení: „Získaný vlákenný materiál se těžko čistil od pazdeří, tzn. od částeczek pokožky a dřevoviny a byl následkem přerosení, ke kterému snadno docházelo, narušený a zeslabený.“ [17, str. 86 - 87] Zároveň publikoval ve své knize z roku 1959 dva v minulosti známé způsoby získání vlákna:

#### **4.3.1 Technologie zeleného lnu – „Flockenbast - Verfahren“**

Stonky byly vysušeny na 7- 9 % vlhkosti a oflakovány podobně jako u zeleného lnu. Autor ale uvádí, že metoda je poměrně riskantní, může vést ke snížení pevnosti vláken. [16]

#### **4.3.2 „Elster - Verfahren“**

Patentované zařízení pro tuto technologii existovalo v německém Adorfu, bylo ale zničeno během 2. světové války. Principem bylo pravděpodobně povaření stonků ve speciálním zařízení, následně se lýko ze stonků stáhlo, třelo se na kovových válcích, zpracovávalo v alkálii a následně se vlákenná hmota prala a sušila. [16]

V současnosti se vhodné technologické postupy pro kopřivu stále hledají.

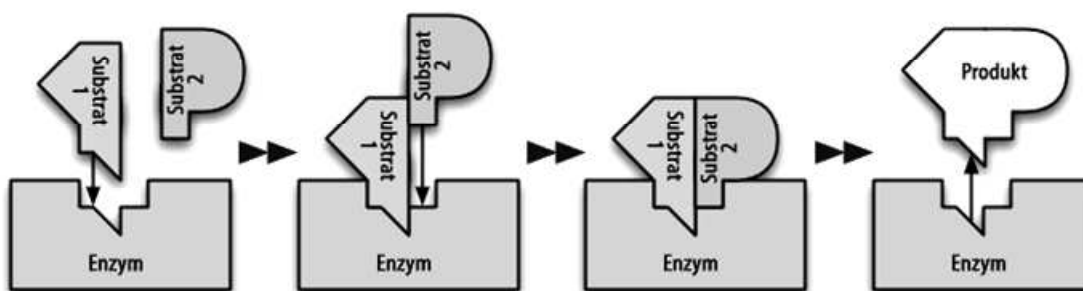
## 5 ENZYMY

V poslední době se v souvislosti s lýkovými vlákny se ve zpracovatelských technologiích začíná objevovat používání enzymatických prostředků. Jedná se o směsi průmyslově vyráběných enzymů pro různé účely použití.

### 5.1 Co je to enzym?

Chemicky patří všechny dosud známé enzymy mezi jednoduché nebo složené bílkoviny. Metodami chemie bílkovin bylo připraveno v čisté krystalické formě kolem sta enzymů. U některých enzymů byla objasněna sekvence aminokyselin a prostorová struktura, u jiných známe již části sekvence. Za katalytické působení je zodpovědné „aktivní centrum“, které vzniká prostorovým utvářením prostorového řetězce za části jeho jednotlivých úseků. Při denaturaci se rozruší konformace řetězce, a proto mizí katalytická účinnost, ačkoliv zůstává sekvence aminokyselin.

V bílkovinné části spočívá předně substrátová specifita, rozhoduje o tom, které látky se přemění a které nikoliv. Dále rozhoduje též o směru reakce (specifity účinu), tedy o tom, do které z četných možných reakcí vstoupí molekula substrátu. Na enzymovém účinu se podstatně podílejí koenzymy.

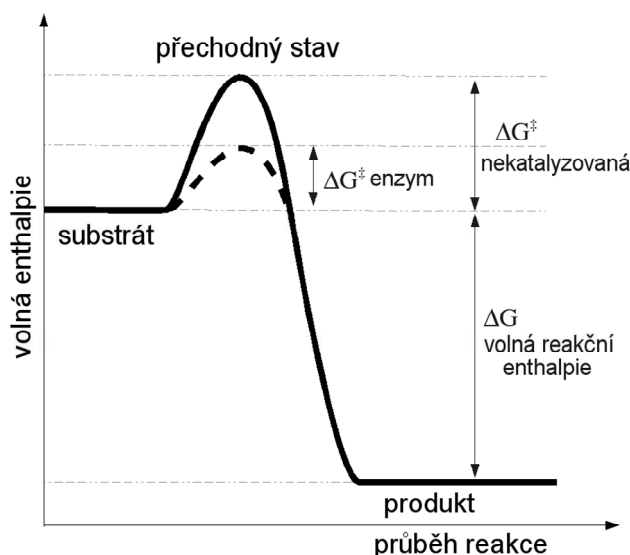


Obr. 26 Působení enzymu [22]

### 5.2 Jak enzym působí?

„Enzymy mají z hlediska termodynamiky tu vlastnost, že snižují aktivační energii katalyzované reakce a tak způsobují ustavení rovnováhy. Účinkují podle

principu meziproduktové katalýzy: Tvoří se komplex enzym-substrát (ES) (Obr. 24) a z něho ve vlastní reakci komplex enzymu a produktu (EP), který se v dalším průběhu reakce rozpadá na enzym + produkt: tím se enzym regeneruje a může znovu reagovat se substrátem. Aktivační energie pro každý jednotlivý stupeň je mnohem nižší než pro nekatalyzovanou reakci (obr. 25), reakce může proto probíhat rychleji.“



Obr. 27 Termodynamika enzymatické reakce [23]

„Každá enzymově katalyzovaná reakce probíhá nejvýše tak dlouho, až je dosaženo rovnovážného stavu, který by se dostavil též působením anorganického katalyzátoru nebo bez jakékoliv katalýzy a který je charakterizován rovnovážnou konstantou  $K$ .“

„Účinek působení enzymů je ovlivňován hodnotou pH, přítomností enzymových aktivátorů či naopak enzymových jedů.“ [37, str. 88 - 89]

### 5.3 Výhoda enzymů

Enzym je přirozená přírodní látka a při jejím kontrolovaném používání nehrozí poškození celulóзовého vlákna jako je tomu u jiných chemických metod. Při správné selekci použitých druhů enzymy účelně odbourávají např. pouze pektiny. Problémové je u této technologie pouze zajištění dostatečné efektivity, tzn. aby bylo dosaženo přiměřené separace vlákna.

## 5.4 Kde je možno enzymy použít?

Na českém trhu působí v oblasti enzymů jediná firma – **INOTEX spol. s.r.o.** Průmyslové enzymy je možno použít v rozmanitých stádiích výrobních technologií. Ve lnářské výrobě je dokonce možné je aplikovat postřikem již na poli, přičemž se dosáhne urychlení rosícího procesu a zvýšení výdajnosti dlouhého vlákna při zpracování v tírni. V dalších postupech při zpracování lnu je možné využít enzymatické prostředky **Texazym BFE**, **Texazym SCW** a **Texazym DLG** pro úpravu lýkových na takovou úroveň, že je možné je následně zpracovávat bavlnářskými technologiemi. Dále je možné enzymy použít k biovyvárci (**Texazym SC**) nebo odchlupování a odžmolkování lněné a konopné konfekce (**Texazym AP**). Dále je možné enzymy použít k optimalizaci technologických postupů (**Texazym DOX** pro odstranění zbytků peroxidu z lázně po bělení či dosažení různých efektů (**Texazym LOOK** pro barevné efekty nebo **Texazym AB** pro seprané efekty typu „stone-wash.“ [38]

Zajímavým příkladem využití je společný pokus společností Agritec a Inotex. Jedná se o aplikaci enzymu **Texazym SER** přímo na lněný porost na poli. Enzym katalyzuje rozklad pektinů, hemicelulóz a částečně také lignin. Byl zjištěn pozitivní vliv na výtěžek, kvalitu a jemnost vlákna. [41] [42] [43]

To jen dokazuje skutečnost, že enzymy mají ve spojitosti s přírodními vlákny obrovskou škálu možností použití.



## II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 6 ZÍSKÁNÍ A SEPARACE VLÁKEN

#### 6.1 Surovina

Hlavní částí této práce je studie výroby kopřivových vláken. Podstatou pokusu bylo ověřit, zdali by bylo možné vlákna získat z dostupných zdrojů, tj. ze stonků divoce rostoucích kopřiv. Z minulosti jsou známy případy, kdy se vlákna z takových rostlin získávala, zejména v dobách nedostatku běžných vlákenných surovin.

Rostliny byly sbírány převážně v lokalitách jejich přirozeného výskytu, tedy především na rumištních půdách. Oblast sběru se nachází v podhůří Nízkých Jeseníků (nejsevernější část okresu Olomouc), nadmořská výška přibližně 350 m. n. m. Výška rostlin se nejčastěji pohybovala přibližně v rozmezí 100 – 150 cm, ale výjimkou nebyly ani vyšší rostliny.

V průběhu zpracování bylo potvrzeno, že kvalitní vlákna poskytují pouze ty rostliny, jejichž vegetační proces započal přirozeně na jaře a v době sběru (převážně srpen) byla již vlákna zcela vyvinuta. Rostliny z opakovaného růstu již vlákna téměř neobsahovala.

Jak je již v předchozích kapitolách zmiňováno, pro standardní výrobu vláken se používá speciálně vyšlechtěný druh kopřivy. Tyto rostliny jsou navíc pěstovány záměrně jako zemědělská plodina a tomu odpovídající ošetřování se projeví na kvalitě vláken.

*Z toho vyplývá, že vlákna získaná z divokých rostlin na rumištních půdách svou kvalitou postačují pouze pro experimentální účely této práce. Pro získání objektivních výsledků ve všech technologických postupech by bylo vhodné zajistit vzorky v odpovídající technologické kvalitě ze standardních rostlin. Kultivaci těchto kopřiv se zabývá Univerzita v Hamburku (Universität Hamburg, Německo).*

#### 6.2 Separace

Dalším krokem bylo separování vlákna od dřevité části stonku. Díky spolupráci se společností **Agritec Šumperk** se naskytla možnost vyzkoušet na kopřivových stoncích obě tradičně užívané metody – rosení a máčení

## 6.2.1 Technologie rosení

Podstatou tohoto procesu bylo ponechání kopřivových stonků na rosišti (travnatá plocha určená k rosení). Stonky byly tak vystaveny jednak působení klimatických podmínek (vlhkost, střídání teplot), zároveň také činnosti přirozených mikroorganismů. Ty způsobují rozklad přírodních pojidel mezi vlákny a jejich uvolnění od dřevoviny a od sebe navzájem.

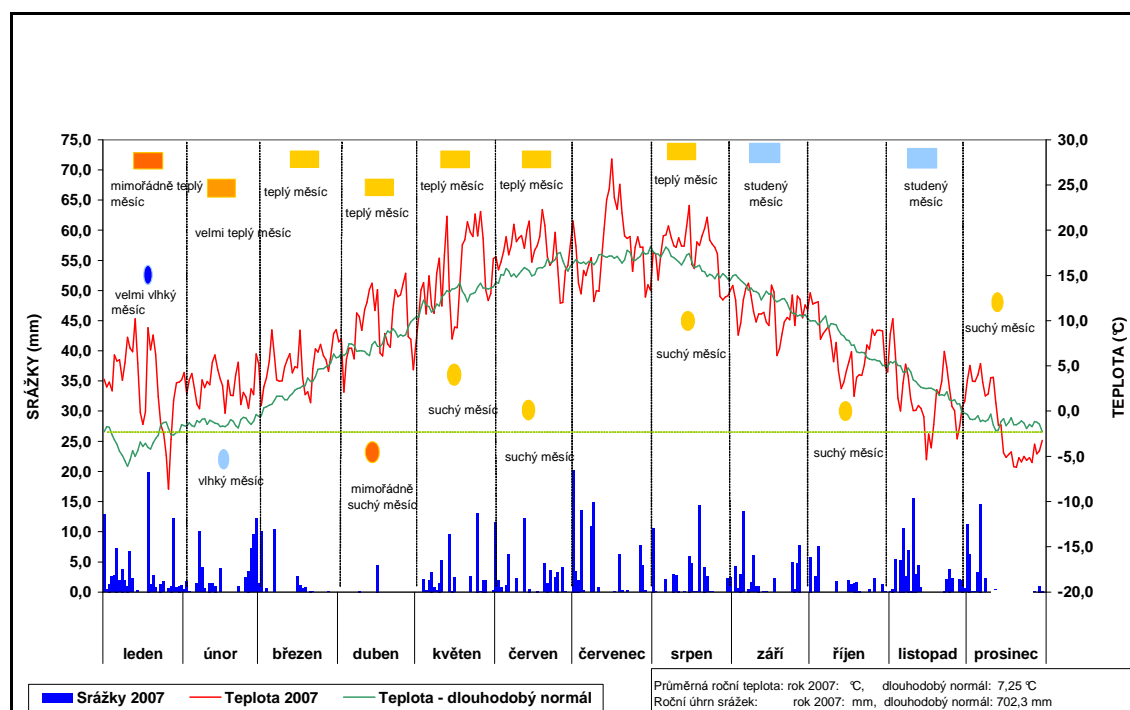
### Metodika postupu:

Jednotlivé varianty vzorků byly roseny na rosišti, kde se ze svazků postupně většinou po 2 dnech odebíraly zkušební vzorky. Z nich se mechanicky separovala lýková část od pazdeří (na snímku experimentální lamačka). Obě složky se zvážily a z těchto hodnot byl určen výnos vlákna.



Obr. 28 Experimentální lamačka

Graf 3: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrny srážek na lokalitě Šumperk – rok 2007 ve srovnání s dlouhodobým normálem



Tab. 7 Odběry jednotlivých vzorků při rosení:

Varianty testovaných vzorků		
Číslo vzorku	Termín sběru vzorku	Lokalita sběru vzorku
1	17. 9. 2007	rumiště
2	27. 8. 2007	rumiště
3	17. 9. 2007	rumiště
4	17. 9. 2007	rumiště
5	13. 8. 2007	zastíněný svah
6	1. 8. 2007	rumiště
7	8. 6. 2007	rumiště
8	13. 8. 2007	zastíněný svah
9	10. 8. 2007	rumiště
10	10. 8. 2007	rumiště
11	10. 8. 2007	rumiště

Odběry probíhaly ve většině případů po 2 dnech v období od 8. 10. do 2. 11. 2007.

Tab. 8 Odběry jednotlivých vzorků

Vzorek	Vlákno [ g ]	Pazdeří [ g ]	Stonek [ g ]	Výdajnost [ % ]
1. startovní odběr				
1	0,7366	3,1991	3,9357	18,7 a
2	0,8895	4,8913	5,7808	15,4 b
3	0,2783	1,0473	1,3256	21,0 c
4	0,1764	1,0742	1,2506	14,1 b
5	1,9838	12,7204	14,7042	13,5 b
6	1,023	10,3974	11,4204	9,0 a
7	1,217	4,7522	5,9692	20,4 c
8	0,6019	4,5582	5,1601	11,7 ab
9	1,5545	16,898	18,4525	8,4 a
10	1,1133	8,7681	9,8814	11,3 ab
11	1,6776	17,9829	19,6605	8,5 a

\* Signifikance rozdílů při  $P=95\%$

<b>2. odběr – 8. 10. 2007 – po 2 dnech rosení</b>				
1	0,3353	1,1175	1,4528	23,1 d
2	0,3353	1,1175	1,4528	23,1 d
3	0,2783	1,0473	1,3256	21,0 d
4	0,1764	1,0742	1,2506	14,1 ab
5	0,6574	4,4728	5,1302	12,8 ab
6	0,426	3,1964	3,6224	11,8 a
7	0,6108	2,4264	3,0372	20,1 cd
8	0,6214	3,4925	4,1139	15,1 abc
9	0,8073	6,1689	6,9762	11,6 a
10	0,6287	4,4807	5,1094	12,3 a
11	0,7844	3,6148	4,4028	17,8 bcd
<b>3. odběr – 10. 10. 2007 – po 4 dnech rosení</b>				
1	0,1173	0,5963	0,7136	16,4 cde
2	0,2396	2,1608	2,4004	10,0 a
3	0,3332	1,2829	1,6161	20,6 ef
4	0,2307	1,4976	1,7283	13,3 abc
5	0,9106	5,9071	6,8177	13,4 abc
6	0,7823	6,2836	7,0659	11,1 ab
7	0,553	2,2307	2,7837	19,9 def
8	0,5049	1,6244	2,1293	23,7 f
9	0,3581	1,7487	2,1068	17,0 cde
10	0,3383	3,0853	3,4236	9,9 a
11	0,3046	1,7094	2,014	15,1 bcd
<b>4. odběr – 12. 10. 2007 – po 6 dnech rosení</b>				
1	0,108	1,1811	1,2891	8,4 ab
2	0,0989	1,4352	1,5341	6,4 a
3	0,1842	0,5613	0,7455	24,7 e
4	0,1033	1,853	1,9563	5,3 a
5	0,4334	2,5385	2,9719	14,6 bcd
6	0,5995	4,5432	5,1427	11,7 cd
7	0,0981	0,9884	1,0865	9,0 ab
8	0,381	2,4381	2,8191	13,5 cd
9	0,1645	2,3862	2,5507	6,4 a
10	0,4792	4,1852	4,6644	10,3 bc
11	0,4521	3,6052	4,0573	11,2 bcd

<b>5. odběr – 15. 10. 2007 – po 9 dnech rosení</b>				
1	0,2036	1,2301	1,4337	14,2 cd
2	0,0975	1,3644	1,4619	6,7 a
3	0,2373	1,3635	1,6008	14,8 cd
4	0,2121	2,1654	2,3775	8,9 ab
5	0,3829	2,8292	3,2121	11,9 bc
6	0,2262	1,4202	1,6464	13,7 cd
7	0,3134	1,536	1,8494	16,9 d
8	0,8972	4,6473	5,5445	16,2 d
9	0,708	5,4473	6,1553	11,5 bc
10	0,8074	6,0528	6,8602	11,8 bc
11	0,4781	2,4376	2,9157	16,4 d
<b>6. odběr – 17. 10. 2007 – po 11 dnech rosení</b>				
1	0,1133	2,5779	2,6912	4,2 a
2	0,0588	0,9196	0,9784	6,0 a
3	0,049	0,7886	0,8376	5,6 a
4	0,2243	1,5199	1,7442	12,9 c
5	0,4288	3,1679	3,5967	11,9 c
6	0,2101	2,654	2,8641	7,3 ab
7	0,4903	1,693	2,1833	22,5 d
8	0,3433	2,9933	3,3366	10,3 bc
9	0,1629	1,2352	1,3981	11,7 c
10	0,2775	2,057	2,3345	11,9 c
11	0,4638	1,7083	2,1721	21,4 d
<b>7. odběr – 19. 10. 2007 – po 13 dnech rosení</b>				
1	0,07808	1,0605	1,13858	6,6 bc
2	0,0114	0,75	0,7614	1,5 a
3	0,056	0,4878	0,5438	10,3 cd
4	0,0328	0,6198	0,6526	5,0 ab
5	0,2611	1,4806	1,7417	15,0 e
6	0,6762	3,7006	4,3768	15,4 e
7	0,044	1,2217	1,2657	3,5 ab
8	0,3374	1,9299	2,2673	14,9 e
9	0,4602	3,2949	3,7551	12,3 de
10	0,4451	2,9944	3,4395	12,9 de
11	0,9244	3,6514	4,5758	20,2 f

<b>8. odběr – 22. 10. 2007 – po 16 dnech rosení</b>				
1	0,0393	0,5438	0,5831	6,7 bc
2	0,1094	3,7613	3,8707	2,8 ab
3	0,1477	1,0447	1,1924	12,4 cde
4	0,00975	1,3644	1,37415	0,7 a
5	0,7502	4,7104	5,4606	13,7 de
6	0,4123	3,9897	4,402	9,4 cd
7	0,3048	1,1777	1,4825	20,6 fg
8	0,3773	3,0731	3,4504	10,9 cd
9	0,4887	2,4806	2,9693	16,5 ef
10	0,389	2,8506	3,2396	12,0 cd
11	0,2686	0,9174	1,186	22,6 g
<b>9. odběr – 24. 10. 2007 – po 18 dnech rosení</b>				
1	0,2812	1,4207	1,7019	16,5 d
2	0,0689	0,8139	0,8828	7,8 ab
3	0,0593	0,5819	0,6412	9,2 ab
4	0,0871	1,553	1,6401	5,3 a
5	0,2835	1,6384	1,9219	14,8 cd
6	0,2078	2,1211	2,3289	8,9 ab
7	0,353	1,455	1,808	19,5 de
8	0,1385	0,3468	0,4853	28,5 f
9	0,552	4,5254	5,0774	10,9 bc
10	0,2477	1,1346	1,3823	17,9 de
11	0,4184	1,4723	1,8907	22,1 e
<b>10. odběr – 26. 10. 2007 – po 20 dnech rosení</b>				
1	0,0539	0,4971	0,551	9,8 b
2	0,0439	0,9228	0,9667	4,5 a
3	0,0432	0,9049	0,9481	4,6 a
4	0,0548	1,3257	1,3805	4,0 a
5	0,5832	4,1301	4,7133	12,4 b
6	0,1977	3,6245	3,8222	5,2 a
7	0,1881	0,5264	0,7145	26,3 d
8	0,3127	2,0942	2,4069	13,0 b
9	0,5867	4,0007	4,5874	12,8 b
10	0,2913	1,3024	1,5937	18,3 c
11	0,4458	1,4612	1,907	23,4 d

<b>11. odběr – 29. 10. 2007 – po 23 dnech rosení</b>				
1	0,0539	0,3308	0,3847	14,0 e
2	0,0846	1,7029	1,7875	4,7 ab
3	0,0278	0,8245	0,8523	3,3 a
4	0,2535	1,5174	1,7709	14,3 e
5	0,9706	6,9096	7,8802	12,3 de
6	0,3275	1,8128	2,1403	15,3 ef
7	0,2551	1,1477	1,4028	18,2 f
8	0,2851	3,001	3,2861	8,7 c
9	0,1406	1,799	1,9396	7,2 bc
10	0,0468	1,1799	1,2267	3,8 ab
11	0,169	1,6204	1,7894	9,4 cd
<b>12. odběr – 31. 10. 2007 – po 25 dnech rosení</b>				
1	0,1658	1,106	1,2718	13,0 cde
2	0,154	0,923	1,077	14,3 de
3	0,1322	1,5765	1,7087	7,7 ab
4	0,054	1,1755	1,2295	4,4 a
5	0,3929	3,5807	3,9736	9,9 bc
6	0,1373	0,886	1,0233	13,4 cde
7	0,2063	1,2107	1,417	14,6 de
8	0,1047	1,4524	1,5571	6,7 ab
9	0,2562	1,3605	1,6167	15,8 e
10	0,2052	1,7694	1,9746	10,4 bcd
11	0,2033	0,5672	0,7705	26,4 f
<b>13. odběr – 2. 11. 2007 – po 27 dnech rosení</b>				
1	0,1428	1,7215	1,8643	7,7 b
2	0,0277	1,2807	1,3084	2,1 a
3	0,0341	0,4674	0,5015	6,8 b
4	0,1298	1,1845	1,3143	9,9 b
5	0,1431	0,86	1,0031	14,3 c
6	0,0895	1,1624	1,2519	7,1 b
7	0,1658	0,7752	0,941	17,6 cd
8	0,2445	1,4633	1,7078	14,3 c
9	0,1978	1,7764	1,9742	10,0 b
10	0,221	2,339	2,56	8,6 b
11	0,3146	1,2534	1,568	20,0 d

Tab. 9 Výnosy z jednotlivých variant vzorků – jednotný odběr 2. 11. 2007

Vzorek	Výnos vlákna [ g ]	Výnos pazdeří [ g ]	Výnos stonku [ g ]	Výdajnost vlákna [ % ]
1	0,1428	1,7215	1,8643	7,7 b
2	0,0277	1,2807	1,3084	2,1 a
3	0,0341	0,4674	0,5015	6,8 b
4	0,1298	1,1845	1,3143	9,9 b
5	0,1431	0,8600	1,0031	14,3 c
6	0,0895	1,1624	1,2519	7,1 b
7	0,1658	0,7752	0,9410	17,6 cd
8	0,2445	1,4633	1,7078	14,3 c
9	0,1978	1,7764	1,9742	10,0 b
10	0,221	2,3390	2,5600	8,6 b
11	0,3146	1,2534	1,5680	20,0 d

Tab. 10 Výnos roseného stonku (svazky)

ROSENÝ STONEK			
Varianta	Hmotnost svazku [ g ]	Výnos vlákna [ g ]	Výdajnost vlákna [ % ]
1	390	38,2489	9,8 b
2	1648	69,33673	4,2 a
3	548	29,5055	5,4 a
4	555	53,2499	9,6 b
5	385	35,6572	9,3 b
6	58	5,3982	9,3 b
7	298	45,8511	15,4 c
8	329	33,9589	10,3 b
9	479	55,5724	11,6 b
10	458	44,1502	9,6 b
11	176	33,2374	18,9 d

\* Signifikance rozdílů při  $P=95\%$



Tab. 11: Vliv vzorku (varianty) a termínu odběru na výnos vlákna kopřivy – analýza variance

Zdroj variability	Součet čtverců	St. vol.	Průměrný čtverec	Stat F	Významn.
<b>Hlavní efekty</b>	10,452	22	0,475	11,993	0,0000
<b>Varianta</b>	3,784	10	0,378	9,553	0,0000
<b>Termín dílčího odběru</b>	6,667	12	0,556	14,026	0,0000
<b>Vysvětleno</b>	10,452	22	0,475	11,993	0,0000
<b>Chyba</b>	4,754	120	0,040		
<b>Celkem</b>	15,206	142	0,107		

Tab. 12: Vliv termínu sklizně zeleného stonku na výnos vlákna u kopřivy – test mnoho násobného porovnávání analýzy variance

Skupina	Příp.	Průměr	4	3	2	1	7	8	6	10	9	11	5
4	13	0,1342										*	*
3	13	0,1431										*	*
2	13	0,1707										*	*
1	13	0,1869										*	*
7	13	0,3692											
8	13	0,3961											
6	13	0,4089											
10	13	0,4223											
9	13	0,4952											
11	13	0,5311	*										
5	13	0,6293	*	*	*	*							

Pozn.: \* označuje významně odlišné páry. Homogenní podskupiny jsou ve vertikálních sloupcích.

Tab. 13: Vliv vzorku (varianty) a termínu odběru na výnos pazdeří u kopřivy – analýza variance

Zdroj variability	Součet čtverců	St. vol.	Průměrný čtverec	Stat F	Významn.
<b>Hlavní efekty</b>	555,995	22	25,272	7,570	0,0000
<b>Varianta</b>	185,756	10	18,576	5,564	0,0000
<b>Termín dílčího odběru</b>	370,239	12	30,853	9,241	0,0000
<b>Vysvětleno</b>	555,995	22	25,272	7,570	0,0000
<b>Chyba</b>	400,643	120	3,339		
<b>Celkem</b>	956,638	142	6,737		

Tab. 14: Vliv termínu sklizně zeleného stonku na výnos pazdeří u kopřivy – test mnoho násobného porovnávání analýzy variance

Skupina	Příp.	Průměr	3	1	4	7	2	8	11	10	6	9	5
3	13	0,9214											*
1	13	1,2756											
4	13	1,3788											
7	13	1,6262											
2	13	1,6956											
8	13	2,5473											
11	13	3,2312											
10	13	3,2461											
6	13	3,5225											
9	13	4,0863											
5	13	4,2266	*										

**Pozn.:** \* označuje významně odlišné páry. Homogenní podskupiny jsou ve vertikálních sloupcích.

Tab. 15: Vliv vzorku (varianty) a termínu odběru na výdajnost vlákna u kopřivy – analýza variance

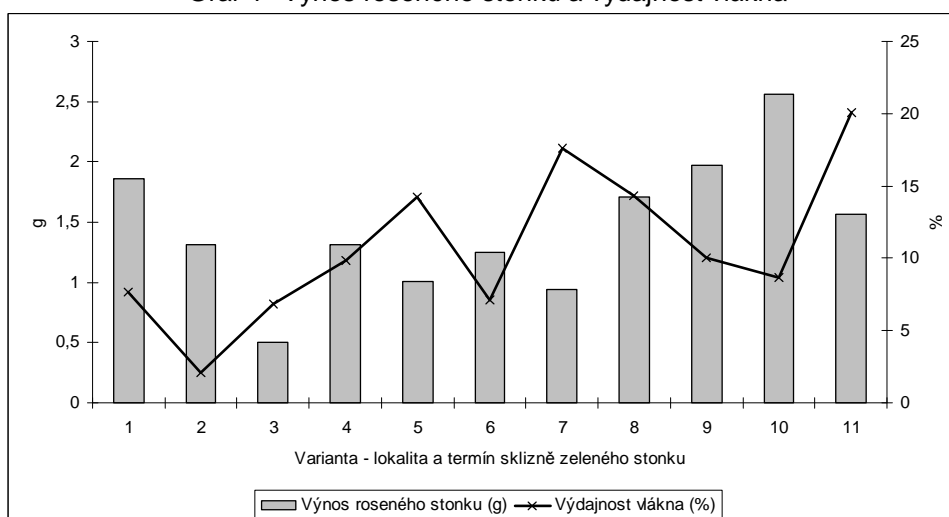
Zdroj variability	Součet čtverců	St. vol.	Průměrný čtverec	Stat F	Významn.
Hlavní efekty	1826,889	22	83,040	3,515	0,0000
Varianta	1311,160	10	131,116	5,549	0,0000
Termín dílčího odběru	515,729	12	42,977	1,819	0,0523
Vysvětleno	1826,889	22	83,040	3,515	0,0000
Chyba	2835,345	120	23,628		
Celkem	4662,234	142	32,833		

Tab. 16: Vliv termínu sklizně zeleného stonku na výdajnost vlákna u kopřivy – test mnoho násobného porovnávání analýzy variance

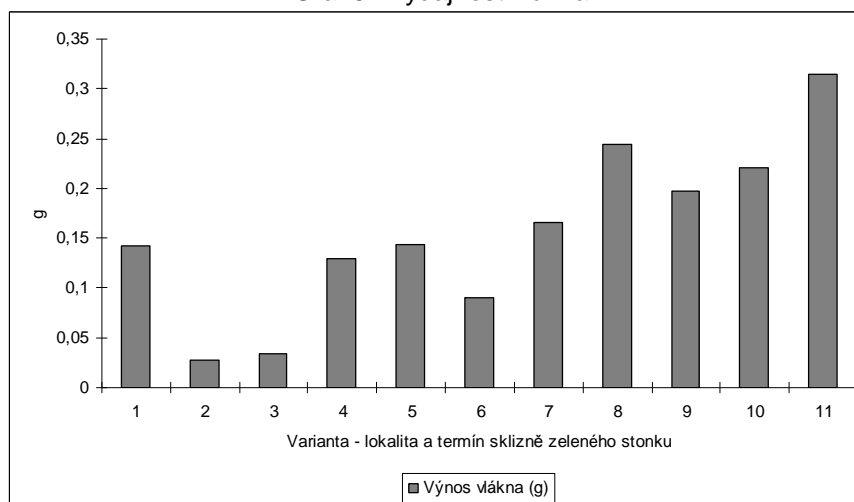
Skupina	Příp.	Průměr	2	4	6	1	10	9	3	5	8	7	11
2	13	8,1071										*	*
4	13	8,6322										*	*
6	13	10,7154										*	*
1	13	11,4961											
10	13	11,6437											
9	13	11,6990											
3	13	12,4828											
5	13	13,1087											
8	13	14,4254											
7	13	17,6189	*	*	*								
11	13	18,0473	*	*	*								

**Pozn.:** \* označuje významně odlišné páry. Homogenní podskupiny jsou ve vertikálních sloupcích.

Graf 4 Výnos roseného stonku a výtajnost vlákna



Graf 5 Výtajnost vlákna



Graf 6 Výnos pazdeří



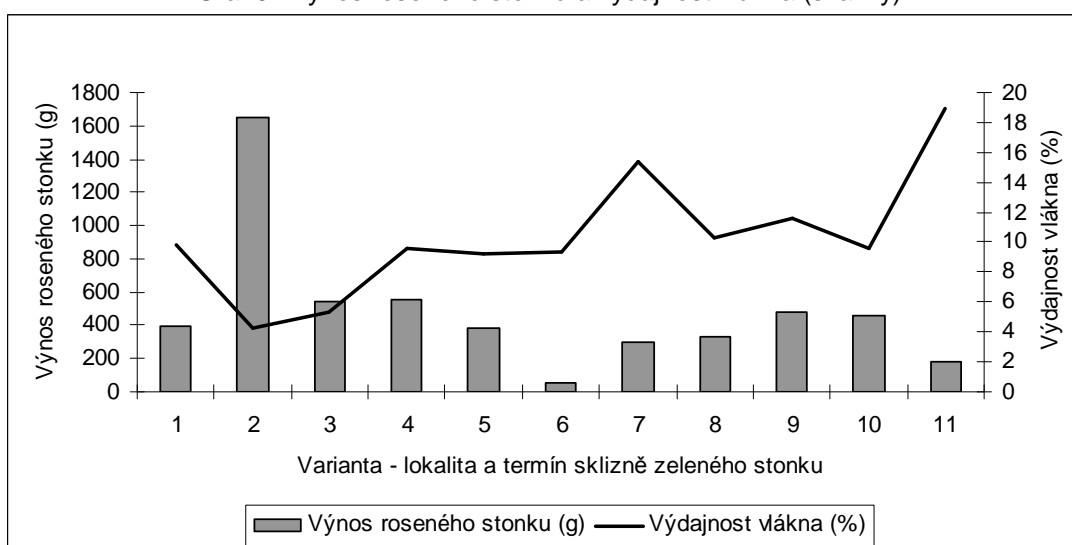
Graf 7 Výnos roseného stonku



Graf 8 Výdajnost vlákna



Graf 9 Výnos roseného stonku a výdajnost vlákna (svazky)



### 6.2.2 Technologie máčení v čisté vodě

Další z testovaných metod bylo máčení v čisté vodě, při kterém dochází k přirozenému rozkladu necelulózových substancí ve vodním prostředí.



Obr. 29 Uvolňování vlákna od stonku



Obr. 30 Máčené kopřivové vlákno

Tab. 17 Výnos máčeného vlákna

MÁČENÝ STONEK			
Varianta	m svazku [ g ]	Výnos vlákna [ g ]	Výdajnost vlákna [ % ]
A	500	17,4826	3,5
B	500	13,7388	2,7

### 6.2.3 Technologie máčení za účasti enzymů

Na následujících snímcích jsou zachycena vlákna kopřivy získaná po zpracování máčením za účasti enzymatických prostředků a pro kontrolu i po máčení v čisté vodě.

Tab. 18 Výsledky máčení

Texazym SCW	Texazym SC	čistá voda

Pokusné zpracování neroseného stonku kopřivy proběhlo v máčecím zařízení fy AGRITEC. Během máčení trvajících 5 dní bylo zpracováno cca 276g stonku kopřivy. Máčecí lázeň o objemu 4,5 litrů a průměrné teplotě 32 - 34°C obsahovala následující komponenty:

Lázeň a.) Texazym SC 0,1 l

smáčedlo

Lázeň b.) Texazym SCW 0,1 l

smáčedlo

Lázeň c.) kontrola – čistá voda

Po dvou dnech byly v lázních s enzymy oproti kontrolní variantě již patrné známky mikrobiálních procesů. Původním záměrem bylo odebírat stejně jako u technologie rosení denní odběry stonků a z nich separovat vlákno ještě za „mokra“. Tyto separace vlákna ale nešlo provést z důvodu lámavosti stonku nebo přetržení vlákna. Po 5 dnech bylo máčení ukončeno, stonek byl vyprán ve studené vodě a usušen. Po sléze byl zpracován na laboratorním tírenském zařízení Stanok.

Tab. 19 Výnos máčeného vlákna za účasti enzymů

MÁČENÝ STONEK				
Varianta	Hmotnost nemáčeného stonku [ g ]	Hmotnost máčeného stonku [ g ]	Výnos vlákna [ g ]	Výdajnost vlákna [ % ]
Lázeň a.)	82,5	50	3,52	7,04
Lázeň b.)	91,5	60	4,4	7,33
Lázeň c.)	102	70	2,4	3,42

Z tabulky je patrné, že lázeň b.) obsahující enzym Texazym SCW měla vliv na zvýšení výdajnosti vlákna ze stonku kopřivy nejen oproti Texazymu SC, ale hlavně vůči kontrolní variantě. Vizualní hodnocení navíc prokázalo i kvalitativní zlepšení jakosti získaného vlákna.

#### 6.2.4 Technologie zeleného stonku

Mimo zpracování roseného a máčeného stonku byla také využita technologie úpravy zeleného stonku. V tomto případě byl zpracován sušený stonek o průměrné vlhkosti 8,2 %. Stejně jako neefektivní výsledky autorů u lnu v kap. 4.3.1. i u kopřivy nebyly prokázány pozitivní výsledky.

Tab. 20 Výnos zeleného vlákna

ZELENÝ STONEK		
m svazku [ g ]	Výnos vlákna [ g ]	Výdajnost vlákna [ % ]
630	15,1807	2,4

## 7 PŘEDÚPRAVA

### 7.1 Vliv enzymů na surová nezpracovaná vlákna.

Vzhledem k tomu, že kopřivové vlákno je již na pohled velmi jemné, vyvstala otázka zda intenzivní postupy předúpravy používané pro lýková vlákna jako je len a konopí nebudou příliš škodlivé pro vlákna kopřivová. Přílišného poškození vlákna alkálií se lze vyvarovat použitím enzymatických prostředků, které působí pouze na vybrané necelulózové substance.

I přes svou šetrnost jsou enzymatické prostředky velmi intenzivní, což lze ilustrovat na surovém lnu, který nebyl vystaven ani rosení ani máčení.

#### Postup:

Pro zpracování vláken byl použit průmyslový enzymatický přípravek Texazym SCW. Účinek enzymů byl vyhodnocen na rastrovacím elektronovém mikroskopu VEGA - TESCAN.

Tab. 21 Enzymatické zpracování surových vláken

Krok	Chemikálie	Dávkování	Podmínky
1. (I. lázeň)	soda Diadavin UN	2 g/l 0,5 ml/l	85 °C, 1:15 20 min
2. (II. lázeň)	Texazym SCW	3 ml/l	55°C, 120 min, 1:15 pH = 8 - 8,5
3. (přídavek do II.)	Stabilizátor 709 Diadavin UN	1 ml/l 0,5 ml/l	75°C 10 min
4. (III. lázeň)	voda	3 x praní	teplá voda

Tab. 22 Připravená lázeň

Hmotnost vzorku	11,66 g
Objem lázně	175 ml
Chemikálie	
soda	0,35 ml
Diadavin UN	0, 1 ml
Texazym SCW	0,53 ml
Stabilizátor 709	0,2 ml
Diadavin UN	0,1 ml
voda	3 x praní



## 7.2 Vyvářka

V této části experimentu byl ověřován vliv jednotlivých technologií na lýková vlákna. V minulosti se pro vyvářku používaly pouze alkálie, pro len je typické používání krystalické sody, některé prameny uvádí i používání hydroxidu sodného. [18] V současnosti je pro tyto účely možné použít i průmyslově vyráběné enzymy.

Na začátku této části práce je nutné poznamenat, že dosažené výsledky závisí na používané technologii, kterou bylo v laboratoři možné pouze přibližně napodobit. Je velmi pravděpodobné, že s využitím standardních výrobních podmínek by zpracování vláken bylo efektivnější.

V laboratorních podmínkách byla tato technologie simulována na barvicím přístroji Pretema Multicolor, předpis alkalických lázní byl převzat z lnářské technologie [19, str. 498], předpis pro enzymatické lázně byl vytvořen na základě spolupráce s firmou Inotex.

### Postup:

Tab. 23 Technologický postup pro enzymatické zpracování vláken

Krok	Chemikálie	Dávkování	Podmínky
1. (I. lázeň)	soda Diadavin UN	2 g/l 0,5 ml/l	85 °C, 1:15 20 min
2. (II. lázeň)	Texazym SC/SCW	3 ml/l	55°C, 120 min, 1:15 pH = 8 - 8,5
3. (přídavek do II.)	Stabilizátor 709 Diadavin UN	1 ml/l 0,5 ml/l	75°C 10 min
4. (III. lázeň)	voda	3 x praní	teplá voda

Tab. 24 Dávkované množství (zaokrouhleno)

	Konopí	Len	Kopřiva	Kopřiva
Hmotnost vzorku	12,22 g	12,75 g	11,08 g	11,23 g
Objem lázně	183 ml	191 ml	166 ml	168 ml
Chemikálie				
soda	0,36 g	0,38 g	0,33 g	0,33 g
Diadavin UN	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml
enzym / druh	0,55 ml / SCW	0,57 ml / SCW	0,50 ml / SCW	0,50 ml / SC
Stabilizátor 709	0,2 ml	0,2 ml	0,2 ml	0,2 ml
Diadavin UN	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml
voda	3 x praní	3 x praní	3 x praní	3 x praní

Kopřiva dvoudomá jako zdroj textilních vláken

Tab. 25 Technologický postup pro alkalické zpracování vláken

Krok	Chemikálie	Dávkování	Podmínky
1. (I. lázeň)	alkálie ( $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaOH}$ ) Spolion 8 Stabilizátor 709	2 g/l 0,5 ml/l 1 ml/l	poč. teplota 40°C, pak 70 min náběh 90°C, pak 90 min / 90°C
2. (II. – V. lázeň)	voda	4 x praní	min: 80°-60°-20°-20°

Tab. 26 Příprava lázní pro vyvášku se sodou

	Konopí	Len	Kopřiva
Hmotnost vzorku	11,63 g	12,11 g	11,13 g
Objem lázně (zaokrouhlen)	174 ml	182 ml	167 ml
Chemikálie			
soda	0,35 g	0,36 g	0,33 g
Stabilizátor 709	0,17 ml	0,18 ml	0,16 ml
Spolion 8	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml
voda	4 x praní	4 x praní	4 x praní

Tab. 27 Příprava lázní pro vyvášku s hydroxidem sodným

	Konopí	Len	Kopřiva
Hmotnost vzorku	12,36 g	12,27 g	11,21 g
Objem lázně (zaokrouhlen)	185 ml	184 ml	168 ml
Chemikálie			
NaOH kryst.	0,37 g	0,37 g	0,34 g
Stabilizátor 709	0,19 ml	0,18 ml	0,17 ml
Spolion 8	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml
voda	4 x praní	4 x praní	4 x praní

### 7.3 Bělení

V této části byly použity vzorky z předcházejícího experimentu s vyvářkou. Zde je nutné podotknout, že pokusy jsou čistě experimentální, běžně používané zařízení (jako např. autokláv) je pouze laboratorně simulováno. Liší se též forma zpracovávaného materiálu, kopřivové vlákno bylo zpracovááno ve volném stavu, len a konopí se v praxi předupravuje ve formě přástu. Inspirací pro tento postup byly chemické postupy používané pro úpravu lněného vlákna. [19, str. 499] [27, str. 83].

#### Postup:

Pro technologii bělení byl jako hlavní činidlo zvolen peroxid vodíku  $H_2O_2$ . Při jeho používání nevznikají problémy s odpadními vodami, rozkládá se na vodu. Teoreticky je navíc jeho užitím dodržen ekologický postup při výrobě textilií.

Tab. 28 Složení a podmínky bělicí lázně

Krok	Chemikálie	Dávkování	Podmínky
1.	Retardon A (50 ml/l) $H_2O_2$ (30 %) vodní sklo Syntron B soda Spolion 8	1 % z mat. 2 ml/l 4 ml/l 3 ml/l 1 g/l 2 g/l	náběh teploty 70 min na 90°C, pak 90 min vyvářka na 90°C, pravidelně míchat (cirkulace lázně), délka lázně 1:40
2.	voda	2 x praní	

Tab. 29 Bělicí lázně použité pro konopí

	Konopí + SCW	Konopí + $Na_2CO_3$	Konopí + NaOH
m vzorku	5,2 g	5,1 g	5,3 g
V lázně	208 ml	204 ml	212 ml
Retardon 50 ml/l	0,052 g = 1,04 ml	0,051 g = 1,02 ml	0,053 g = 1,06 ml
$H_2O_2$ 30 %	0,42 ml	0,41 ml	0,43 ml
vodní sklo	0,83 ml	0,82 ml	0,85 ml
Syntron B	0,63 ml	0,61 ml	0,64 ml
$Na_2CO_3$	0,21 g	0,21 g	0,21 g
Spolion 8	0,42 ml	0,41 ml	0,43 ml

Tab. 30 Bělící lázně použité pro len

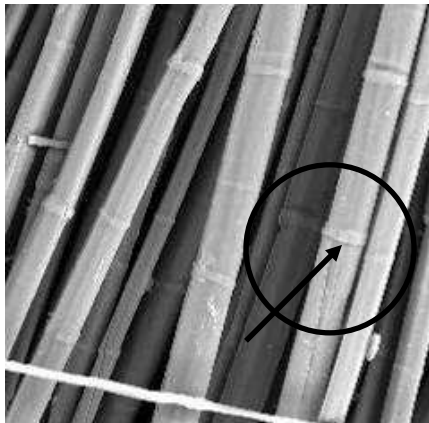
	<b>Len + SCW</b>	<b>Len + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>Len + NaOH</b>
m vzorku	4,3 g	3,3 g	3,9 g
V lázně	172 ml	132 ml	156 ml
Retardon 50 ml/l	0,043 g = 0,86 ml	0,033 g = 0,66 ml	0,039 g = 0,78 ml
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 %	0,34 ml	0,26 ml	0,31 ml
vodní sklo	0,69 ml	0,53 ml	0,63 ml
Syntron B	0,52 ml	0,40 ml	0,47 ml
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,17 g	0,13 g	0,16 g
Spolion 8	0,34 ml	0,26 ml	0,31 ml

Tab. 31 Bělící lázně použité pro kopřivu

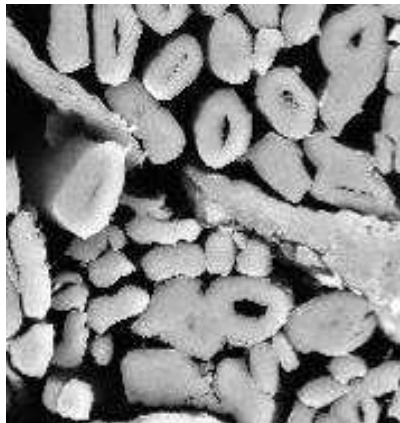
	<b>Kopřiva + SCW</b>	<b>Kopřiva + SC</b>	<b>Kopřiva + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>Kopřiva + NaOH</b>
m vzorku	3,7 g	3,6 g	4,3 g	4,3 g
V lázně	148 ml	144 ml	172 ml	172 ml
Retardon 50 ml/l	0,037 g = 0,74 ml	0,036 g = 0,72 ml	0,043 g = 0,86 ml	0,043 g = 0,86 ml
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 %	0,30 ml	0,29 ml	0,34 ml	0,34 ml
vodní sklo	0,59 ml	0,58 ml	0,68 ml	0,69 ml
Syntron B	0,44 ml	0,43 ml	0,52 ml	0,52 ml
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,15 g	0,14 g	0,17 g	0,17 g
Spolion 8	0,30 ml	0,29 ml	0,34 ml	0,34 ml

## 8 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 8.1 Vzhled vlákna



Obr. 31 Kopřiva - podélný řez



Obr. 32 Kopřiva - příčný řez

Pro srovnání: na následujících snímcích lnu a konopí (Obr. 33 a Obr. 34) jsou zřetelná kolénka, stejně jako na vláknech kopřivy (viz. Obr. 31)



Obr. 33 Len – podélný řez [16]



Obr. 34 Konopí – podélný řez [16]

**Podélný řez** – ze snímků je zřejmé, že kopřivová vlákna po délce připomínají díky kolénkům spíše len a konopí. To potvrzuje i zařazení kopřivy mezi vlákna lýková.

**Příčný řez** - vlákna mají hladce oválný a mírně zploštělý tvar a poměrně velký lumen, vzhledem tedy připomínají spíše bavlnu. Potvrdil se i v literatuře uváděný průměr vlákna [9, str. 334], snímky též ukazují hodnoty kolem 40 – 50  $\mu\text{m}$ . Je ale nutné počítat s velkou variabilitou rozměrů vláken.

## 8.2 Technologie separace

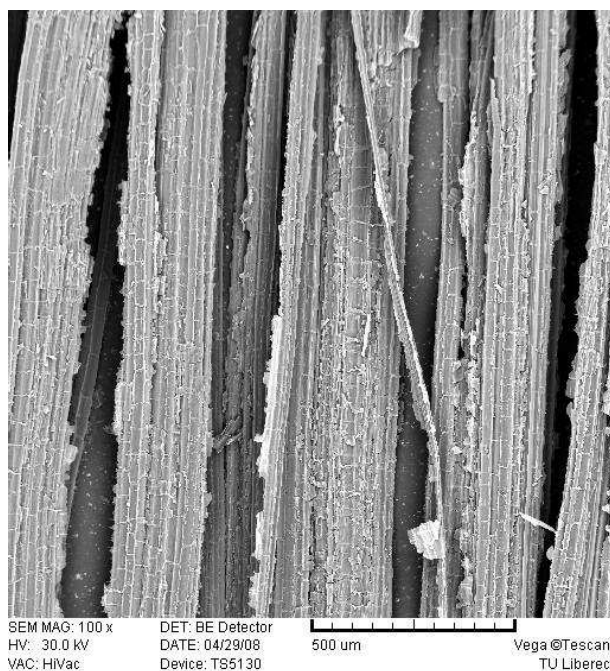
Pro separaci kopřivových vláken lze použít agrotechnické metody jako pro len a konopí. Experimentem bylo zjištěno, že se pro kopřivu hodí spíše rosení nežli máčení. To souvisí i s následným mechanickým zpracováním, kdy je nutné, aby vlákna měla dostatečnou pevnost a nebyla nadměrně poškozena pracovním ústrojím. V každém případě by bylo nutné použíté strojní zařízení uzpůsobit charakteru kopřivového vlákna., obecně však lze vycházet z poznatků a zkušeností z lnářských technologií.

### 8.2.1 Rosení

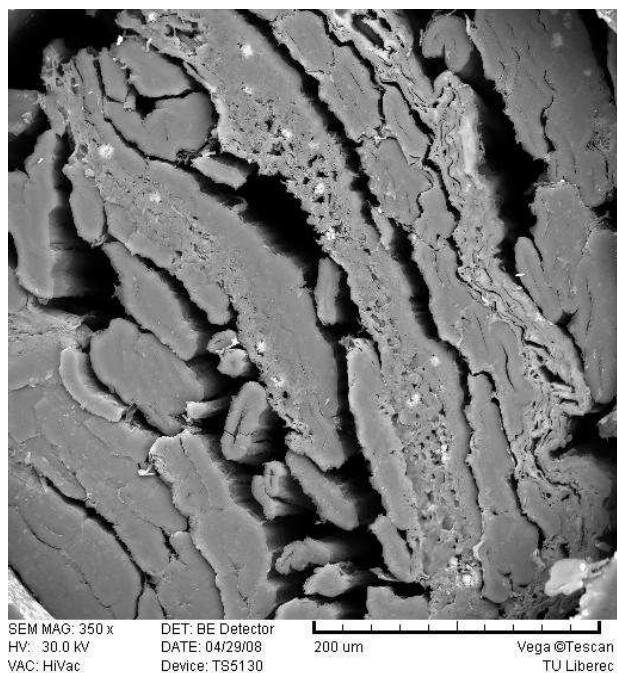
Mikroorganismy působí na kopřivě stejným způsobem jako u jiných lýkových vláken – napadají pojiva mezi vlákny a pokožku na povrchu stonků a způsobují tak uvolnění vláken od dřevoviny i mezi sebou.

#### Vizuální zobrazení:

Pro srovnání: snímky **zeleného kopřivového vlákna**, které ještě nebylo napadeno biologickými organismy:

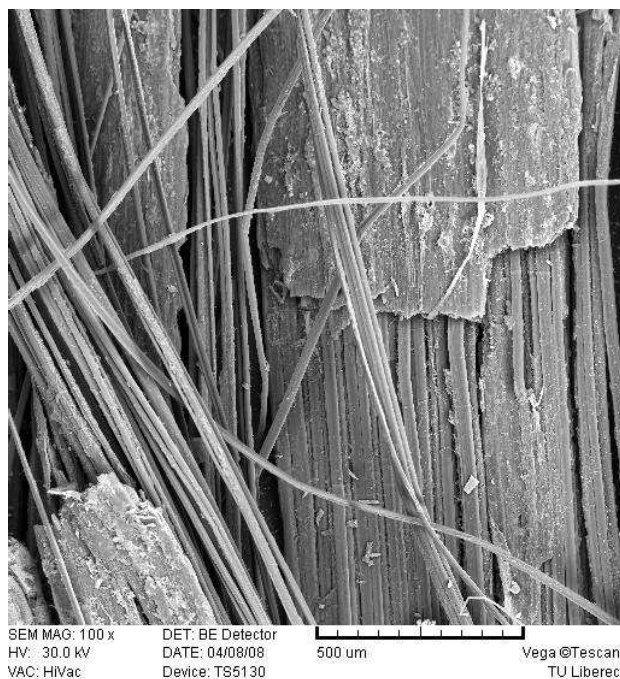


Obr. 35 Zelené kopřivové vlákno – podélný řez

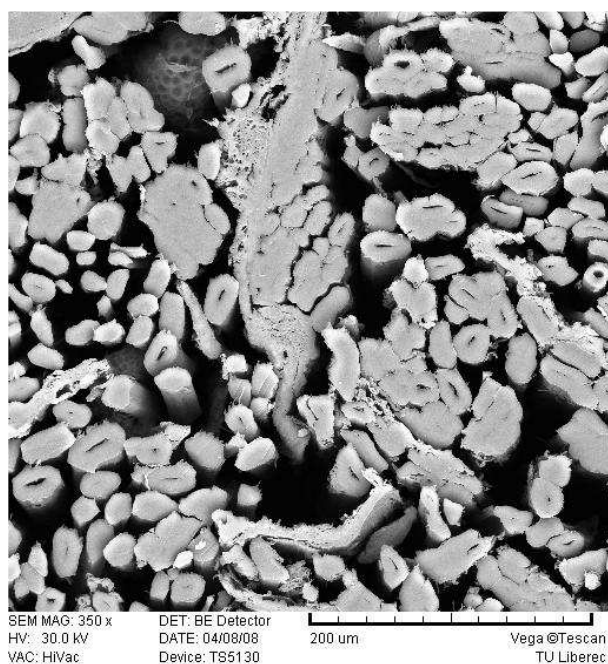


Obr. 36 Zelené kopřivové vlákno – příčný řez

Na snímku **roseného vlákna** je jasně vidět zbytky pokožky (epidermis), kterou je nutné od vlákna uvolnit pomocí separačních a následně mechanických metod. Část vláken je ještě stále slepená pojivy, technické svazky se ale již rozpadají na elementární vlákna.



Obr. 37 Kopřiva rosená - podélný řez

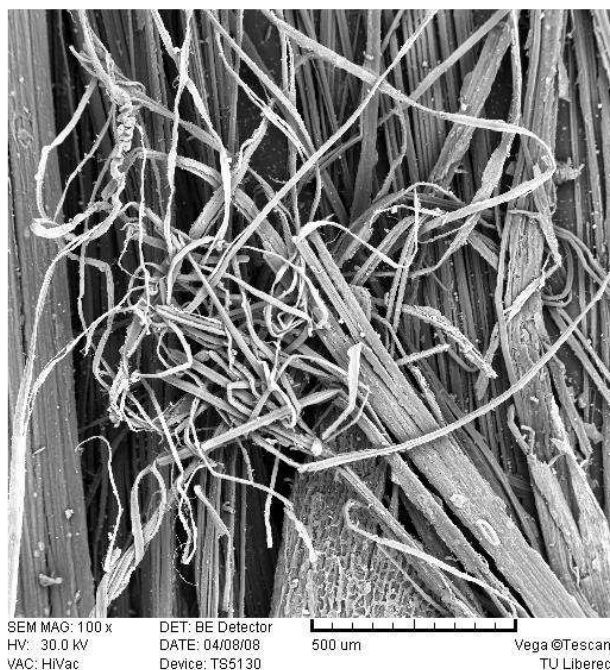


Obr. 38 Kopřiva rosená – příčný řez

### 8.2.2 Máčení

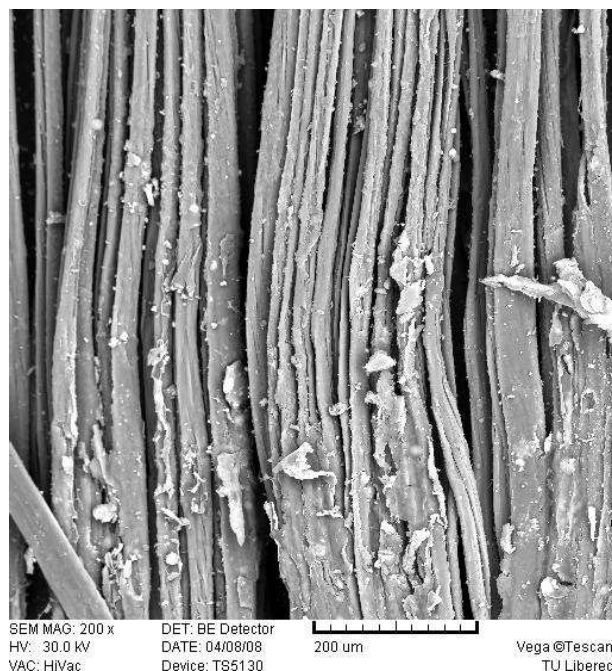
#### Vizuální zobrazení:

Na snímcích lze pozorovat pozvolné uvolňování vláken.



Obr. 39 Kopřiva máčená v čisté vodě – podélný řez





Obr. 40 Kopřiva máčená v čisté vodě – podélný řez

### 8.3 Výdajnost vlákna

Používat je možné pouze rostliny rostoucí po celé vegetační období, tzn. rostoucí od dubna a sbírané v srpnu, podobně jako len. Je nutné počítat s různým obsahem vlákna po délce stonku. Nejvíce vláken obsahuje střední až horní část rostliny, u testovaných rostlin bylo při vizuálním hodnocení vyrosení stonků zjištěno, že spodní části rostlin vlákna téměř neobsahují. Toto potvrzuje i Bredemann. [17, str. 73]

#### 8.3.1 Technologie rosení

Celková doba rosení stonku kopřivy trvala 27 dnů a byla optimální. Vzhledem k velmi slabým srážkovým úhrnům měsíce října a normálním teplotním podmínkám období byly i získané výsledky vypovídající. Statistickou analýzou získaných výsledků byly zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými vzorky ve výdajnosti vlákna ze stonku kopřivy. I přesto, že u jednotlivých termínů odběrů kolísala výdajnost vlákna, dá se konstatovat, že vzorek č. 11 odebraný 10. 8. 2007 z rumiště prokázal nejvyšší výdajnost vlákna ve většině termínů. U stonků nedorosených, zelených s vysokým obsahem chlorofylu bylo vlákno hrubšího charakteru s ulpívající pokožkou. Zajímavý byl fakt, že stonky silné a dlouhé s vysokým obsahem dřevoviny obsahovaly vlákno jemné, dlouhé a s vysokou pevností.

Po zhodnocení jednotlivých vzorků bez ohledu na termín odběru potvrdily získané výsledky i tvrzení z jednotlivých odběrů. Nejvyšší výnos vlákna a výdajnost byla získána u vzorku č. 11 a 5. Statistickým zhodnocením pomocí analýzy variance byl zjištěn průkazný vliv jednotlivých vzorků (variant) a termínů odběru na výnos stonku, ale u výdajnosti vlákna již statisticky významný rozdíl u termínu odběru nebyl prokázán. Výnos pazdeří byl statisticky průkazně nejvyšší u vzorku č. 5 a byl signifikantně ovlivněn oběma faktory termínem sklizně zeleného stonku (číslo vzorku) i termínem odběru

### **8.3.2 Technologie máčení v čisté vodě**

Výdajnost vlákna kopřivy u máčeného stonku byla velmi nízká a dosahovala pouze 2,7 – 3,5%. Ve srovnání s rosením stonku kopřivy se tato technologie jeví jako nevhodná.

### **8.3.3 Technologie máčení za účasti enzymů**

Enzym Texazym SCW měl vliv na zvýšení výdajnosti vlákna ze stonku kopřivy nejen oproti Texazymu SC, ale hlavně vůči kontrolní variantě. Vizuální hodnocení navíc prokázalo i kvalitativní zlepšení jakosti získaného vlákna.

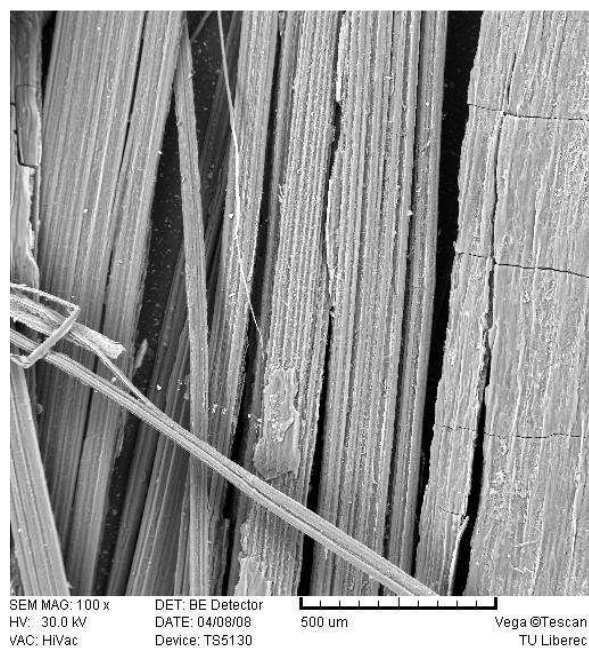
### **8.3.4 Technologie zeleného stonku**

Vlákna byla kvalitativně velmi hrubá s vysokým obsahem nečistot, nazelenalé barvy s ulpívajícím pazdeřím a také s nejnižším výnosem vlákna ze stonku. Výdajnost vlákna činila pouze 2,4 %.

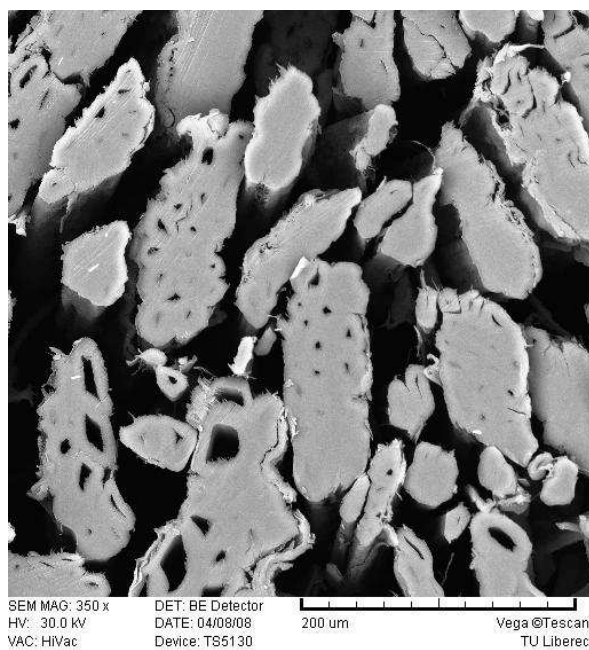
## **8.4 Úprava vlákna**

### **8.4.1 Vliv enzymu na surová nezpracovaná vlákna**

Následující snímky z rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA - TESCAN dokumentují působení Texazymu SCW na surovém lnu. Pojiva mezi jednotlivými technickými vlákny byla enzymem napadena a výsledkem jsou separovanější vlákna.

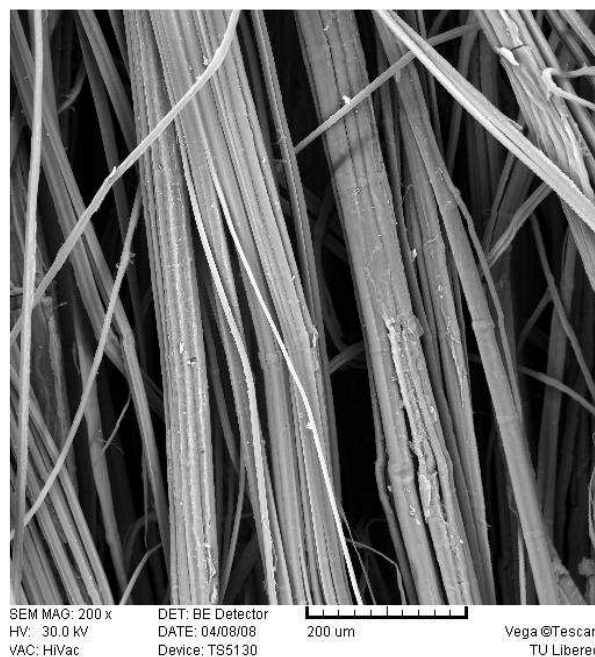


Obr. 41 Surový len – podélný řez



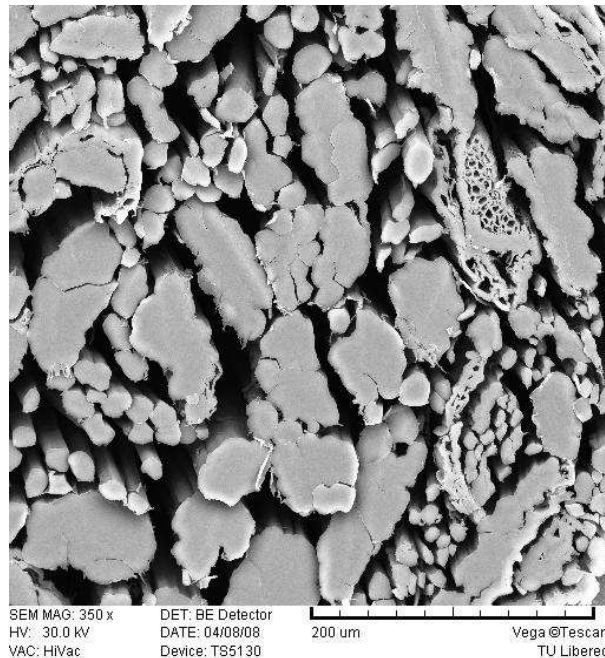
Obr. 42 Surový len – příčný řez

Na snímcích lze jasně vidět spojení elementárních vláken v technické svazky.



Obr. 43 Surový len po působení Texazymu SCW – podélný řez

Technické svazky se začínají rozpadat.



Obr. 44 Surový len po působení Texazymu SCW – příčný řez

Dochází k pozvolné separaci vlákna svazků na elementární vlákna.

### 8.4.2 Vyvářka

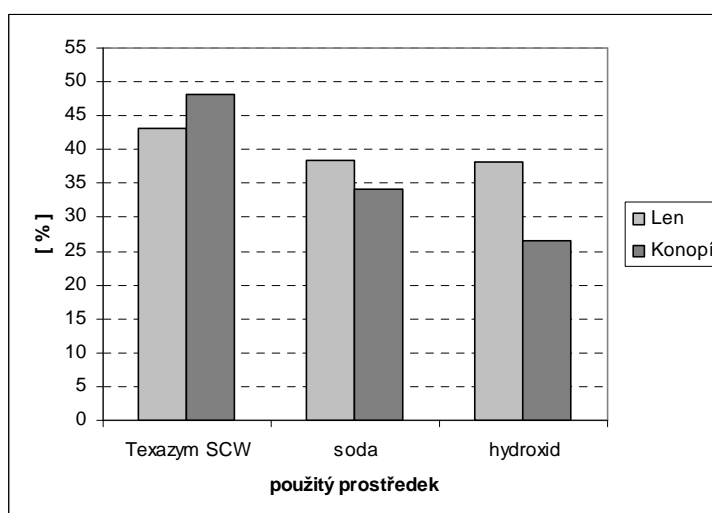
Zatímco enzymy selektivně napadají pouze určité substance, alkálie působí na vlákno komplexně a může způsobit jeho poškození. To se může negativně projevit i v následných mechanických procesech.

Po chemické úpravě bylo materiál ještě nutné pročesat, tím se ručně simulovala technologie vochlování. Při přibližně stejné intenzitě vochlování se projevily efekty různých způsobů zpracování. Vlákná zpracovaná v alkálii měla hrubý a tuhý omak, hůře se česala a jevila se jako velmi křehká a hůře odolná vůči mechanickému namáhání – trhala se. To dokazuje velký podíl vznikajících výčesků, tzn. snížením výnosu upraveného dlouhého vlákna:

Tab. 32 Množství dlouhého vlákna a výčesků po česání

	Použitá technologie	Celková hmotnost	Dlouhé vlákno (g)	Výčesky (g)	Podíl dl. vl. (%)
<b>KONOPI</b>	Texazym SCW	11,208	5,401	5,807	48,189
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10,955	3,734	7,221	34,085
	NaOH	10,580	2,808	7,772	26,541
<b>LEN</b>	Texazym SCW	11,364	4,915	6,449	43,251
	NaOH	10,837	4,153	6,684	38,323
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	11,080	4,227	6,853	38,150

Graf 10 Podíl dlouhého vlákna po česání

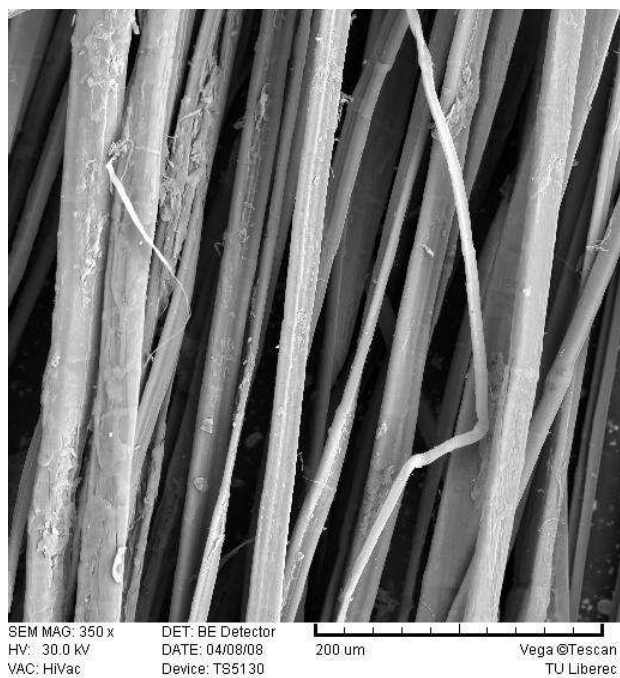


V této části experimentu se prokázalo, že zpracování vlákna v alkálii vede k většímu poškození nežli při použití enzymatické úpravy. Vlákna alkalicky zpracovaná byla na omak hrubá a křehká, při vochlování se mnohem více trhala.

U kopřivy po zpracování enzymy již nelze hovořit o technické délce vlákna běžné u lnu a konopí, po odstranění větší části pektinů se kopřivová vlákna po následném vochlování rozpadala často až na vlákna elementární. I surová vlákna se česáním krátila, na rozdíl od vláken lnu a konopí, které si po tomto procesu z větší části zachovávají technickou délku. To potvrzuje teorie, které hovoří o tom, že vlákna nejsou v rostlině uložena ve svazcích, nýbrž ve skupinách.

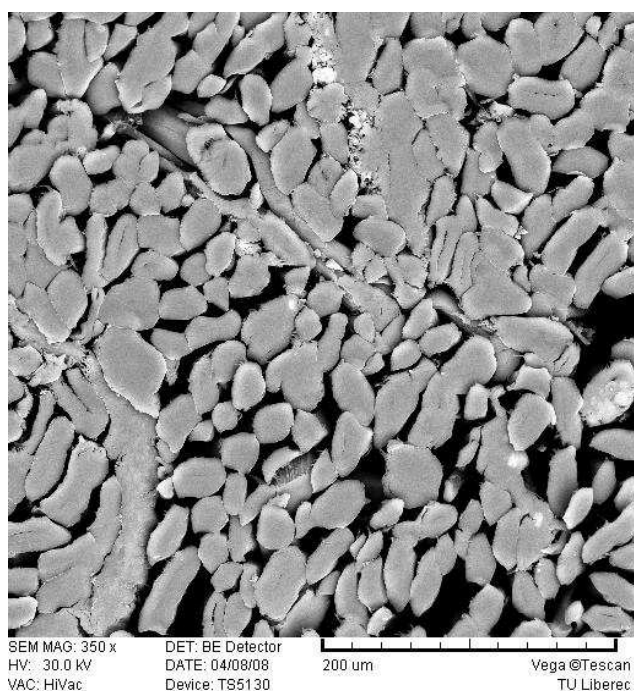
Kopřivová vlákna se po tomto pokusu ukázala jako lépe separovatelná až na elementární formu nežli len a konopí. Enzym dokázal v tomto případě narušit velké množství pojiva, na vlákně zůstalo však stále dosti velké množství nečistot. Část z nich bylo možné odstranit mechanicky (pročesáváním), část se odstranila bělením v peroxidové lázni. [44] [45]

Pro zpracování jsem používala dva druhy enzymatických prostředků řady Texazym - variantu SCW a SC. Významný rozdíl nebylo možné na testovaném množství vzorků pozorovat.



Obr. 45 Kopřivové vlákno po působení Texazymu SCW – podélný řez

Vlákna jsou již zbavena většiny pojiv a dalších substancí.



Obr. 46 Kopřivové vlákno po působení Texazymu SCW – příčný řez

Vlákna jsou po působení enzymatického prostředku již značně separovaná.

## 8.5 Bělení

Je možno použít bělení peroxidem, kopřivové vlákno dosahuje podobné bělosti jako len a konopí, avšak pro dosažení dobré běli a čistoty je nutné, aby vlákno do procesu vystupovalo zbavené veškerých nečistot - zbytky epidermis zanechávaly na vláknech nazelenalé skvrny

Tab. 33 Úbytek necelulózových substancí na konopném vlákne

KONOPI			
Zpracování	SCW	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
m před bělením [ g ]	5,221	5,085	5,305
m po bělení [ g ]	4,693	4,705	4,991
Úbytek m [ % ]	9,941	7,473	5,919

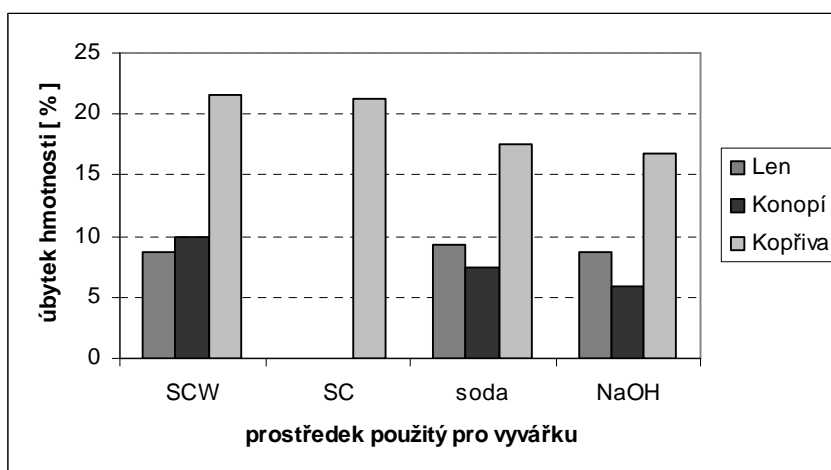
Tab. 34 Úbytek necelulózových substancí na lněném vlákne

LEN			
Zpracování	SCW	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
m před bělením [ g ]	4,344	3,397	3,975
m po bělení [ g ]	3,964	3,082	3,632
Úbytek m [ % ]	8,748	9,273	8,629

Tab. 35 Úbytek necelulózových substancí na kopřivovém vlákne

KOPŘIVA				
Zpracování	SCW	SC	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
m před bělením [ g ]	3,786	3,600	4,354	4,365
m po bělení [ g ]	2,968	2,835	3,587	3,632
Úbytek m [ % ]	21,606	21,250	17,616	16,793

Graf 11 Úbytek necelulózových substancí na vlákne



Tato část experimentu prokázala, že enzymy mají jednoznačně pozitivní vliv na dosažení lepší bělosti vlákna. Je pravděpodobné, že způsobují efektivnější rozklad necelulózových substancí, které se v následujícím bělicím procesu lépe odstraňují.

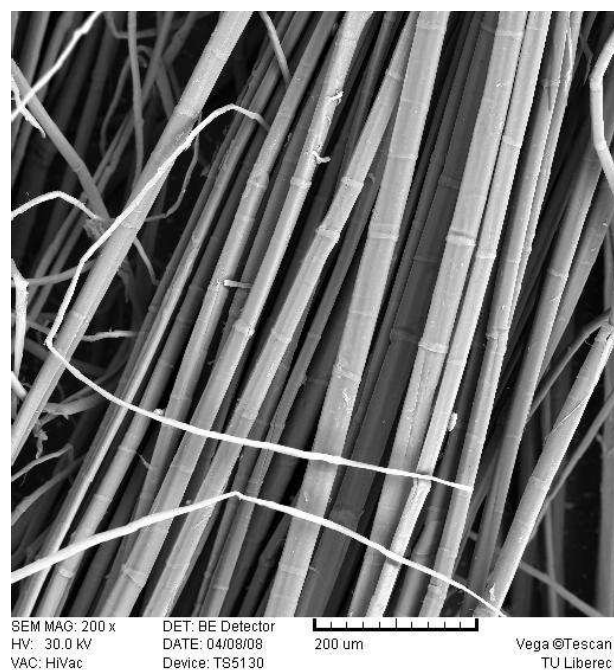
Oba enzymatické prostředky, Texazym SC a Texazym SCW používané pro kopřivu prokazují pozitivní vliv na bělení vlákna přibližně ve stejné míře.

V případě kopřivových vláken bylo pokusně zjištěno, že vlákna je možno bělit peroxidem, vzhledem k poněkud odlišnému charakteru suroviny by měly ještě být přezkoumány podmínky zpracování. Tím by se eliminovalo zbytečné poškození celulózy.

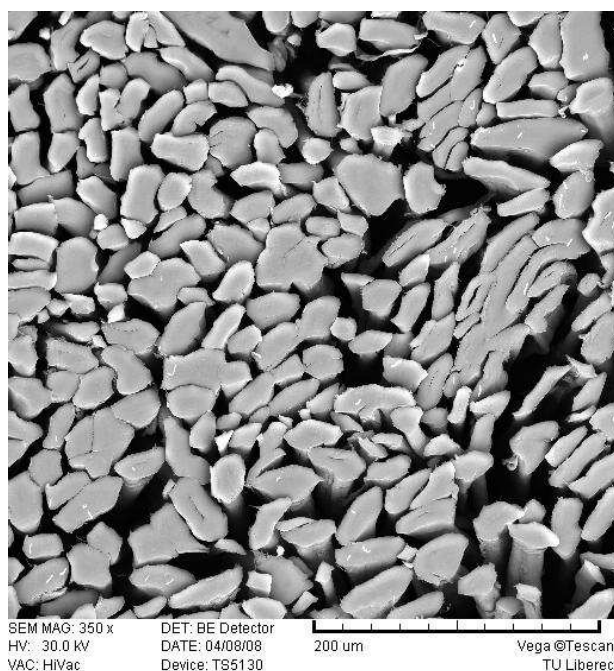
Na následujících snímcích je zřetelné úplné odstranění pojiv pomocí působení peroxidu vodíku.



Snímky z mikroskopu:



Obr. 47 Kopřivové vlákno po enzymatickém zpracování a bělení peroxidem vodíku –  
podélný řez



Obr. 48 Kopřivové vlákno po enzymatickém zpracování a bělení peroxidem vodíku –  
příčný řez

## 8.6 Ekologický a ekonomický potenciál

Vlákna jsou zajímavá i z ekonomického hlediska – vlákenné rostliny není nutné po dlouhou dobu opětovně vysazovat a není třeba používat k jejich ochraně nákladné pesticidy. Což má pochopitelně velice příznivý ekologický dopad. Lze tedy říci, že kopřivu lze pěstovat jako zcela ekologické tuzemské vlákno podobné bavlně. Navíc ve srovnání s momentálně populární a poměrně drahou biobavlnou je tato surovina dostupná bez nutnosti přepravy na dlouhé vzdálenosti z pěstitelských zemí. Navíc experiment prokázal, že vlákna jsou schopny poskytovat už i běžně rostoucí rostliny. Tato nestandardní vlákna by bylo pravděpodobně možné použít k výrobě různých vlákenných vrstev pro různé technické účely.

## 8.7 Publikační činnost

ANTONOV VIKTOR, MAREK JAN, BJELKOVA MARIE, KOVACIC VLADIMIR, BEDNARIKOVA ZUZANA: Bast fibres value enhancement through application of enzymes. FAO/SCORENA 2008. International conference on flax and other bast plants. 21-23 July, 2008, Saskatoon, Canada. In press.

## Použité chemikálie

Kromě běžných chemikálií byly pro účely experimentu použity i směsi látek charakterizované obchodními názvy. V následující tabulce je uvedena jejich stručná charakteristika:

Tab. 36 Obchodní názvy používaných chemikálií

Název	Stručná charakteristika
<b>Texazym SC</b>	Modifikovaná alkalická pektináza určená pro předúpravu bavlněných materiálů. Ekologická alternativa klasické alkalické vyvářky. Neionogenní. teplota: 55 – 60°C, poměr lázně: 1:15, dávkování: 1 – 2% z hmotnosti materiálu, optimální pH: 8 – 9,5
<b>Texazym SCW</b>	kombinovaný enzymový textilní přípravek, katalyzuje rozklad pektinových, hemicelulózových a ligninových vrstev pojících celulózu vláken do svazků a tím zvyšuje jejich jemnost a bělitelnost. Nenarušuje celulózu vlákna. Neionogenní. teplota: 50 – 60°C, poměr lázně: 1:15, dávkování: 1 – 2 ml/l, optimální pH: 8 – 9,5
<b>Diadavin UN</b>	Univerzální emulgační přípravek pro předúpravu celulózu vláken, stabilní v kyselinách, alkáliích a tvrdé vodě, neionický.
<b>Stabilizátor 709</b>	Chelatační a dispergační přípravek, váže ionty $\text{Ca}^{2+}$ a $\text{Mg}^{2+}$ vhodný zejm. pro alkalické prostředí (stabilní i v silně alkalických lázních), slabě kyselá reakce, slabě anioaktivní.
<b>Retardon A</b>	Dispergační a stabilizační přípravek bělicích peroxidových lázní v textilním průmyslu, stálý v alkalicko-redukčním prostředí. Anioaktivní charakter.
<b>Syntron B</b>	Komplexotvorný přípravek pro vázání iontů dvou- a vícemocných kovů $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ a $\text{Fe}^{3+}$ . Anioaktivní charakter.
<b>Spolion 8</b>	Rychlosmáčecí přípravek, snižuje povrchové napětí. Neutrální reakce. Anioaktivní charakter.

## 9 ZÁVĚR:

Tento experiment potvrdil skutečnost známou již po staletí – kopřiva je schopná poskytovat kvalitní vlákna, která je možno použít jako náhražku bavlny. K jejich získání lze použít technologie založené na stejném principu jako technologie pro len, resp. pro konopí. Potenciál využití kopřivy se stejně jako u ostatních tuzemských přadných rostlin týká jednak oděvního průmyslu, ale v současné době hlavně technicko-textilních oblastí a oblastí kompozitních materiálů. Hlavní výhodou kopřivy je její obrovský ekologický potenciál, který by měl být schopen kompenzovat náročnější technologické zpracování. Avšak stejně jako u lnu a konopí se i zde otvírají nové možnosti zpracování za pomoci dlouho nevyužívaných enzymatických prostředků. Je tedy možné předpokládat zvýšení efektivity výroby, zlepšení kvality a atraktivity produktů a následný zájem o tato vlákna v mnoha oblastech použití.

Stejně jako len a konopí má kopřiva největší šance u takových spotřebitelských skupin, které preferují environmentální aspekty a kvalitu před cenou. Zajímavost těchto vláken pro oděvní a textilní průmysl by po této stránce bylo možné zvýšit aplikacemi dalších progresivních technologií, např. enkapsulacemi přírodních látek s pozitivními účinky (např. medicínské textilie). Neopomenutelný je také designérský a marketingový přístup, tato vlákna by se měla právem prezentovat jako ekologicky i zdravotně nejvýhodnější spotřebitelská volba.

Tuzemská vlákna včetně vláken kopřivy dvoudomé mají doajisté šanci na uplatnění i v budoucnu, záležet bude ale především na ochotě zpracovatelů investovat do samotné výroby i do výzkumu nových technologií a především také na zájmu spotřebitelů. Jako ideální se jeví spojení mnohasetletých zkušeností s moderními technologiemi. Stejně jako u lnu a konopí se zde do budoucna otvírají nové možnosti zpracování za pomoci dlouho nevyužívaných enzymatických prostředků. Je tedy možné předpokládat zvýšení efektivity výroby, zlepšení kvality a atraktivity produktů a následný zájem o tato vlákna v mnoha oblastech použití. Ve spojení s uvědomělým ekologickým přístupem mají tato vlákna stále šanci zaujmout výrobce i běžné spotřebitele.

## Použitá literatura:

- [1] Militký, J.: Přednášky: Textilní vlákna, Speciální vlákna, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005, str. 19
- [2] <http://www.sedmagenerace.cz/index.php?art=clanek&id=247>  
[online 26. 4. 2008]
- [3] [http://www.ota.com/organic/environment/cotton\\_environment.html](http://www.ota.com/organic/environment/cotton_environment.html)  
[online 26. 4. 2008]
- [4] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Aralsk%C3%A9\\_jezero](http://cs.wikipedia.org/wiki/Aralsk%C3%A9_jezero) [online 29. 11. 2007]
- [5] <http://en.wikipedia.org/?title=Cotton> [online 18. 3. 2008]
- [6] <http://www.nettleworld.com/page.php?id=39> [online 31. 12. 2007]
- [7] <http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=1970284> [online 2. 5. 2008]
- [8] <http://www.konopa.cz/index.php?dok=00970000000225,det>  
[online 2. 5. 2008]
- [9] Dreyer, J. , Edom, G.: Nettle, Bast and other plant fibres, Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005
- [10] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/nessel/urtica02.html>  
[online 30. 1. 2007 ]
- [11] Váša, F. a kol.: Přádné rostliny, Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1965
- [12] Oficiální film MŽP ČR o konopí, shlédnuto 15. 3. 2007 na adrese <http://www.konopi.info/>
- [13] [http://en.wikipedia.org/wiki/Cannabis\\_%28drug%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Cannabis_%28drug%29) [online 2. 5. 2008 ]
- [14] <http://free-energy.webpark.cz/EKOLOGIE/hemp/Bednar.htm> [online 2. 5. 2008]
- [15] <http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2006031727>  
[online 27. 1. 2008]
- [16] Bredemann, G.: Die Grosse Brennessel Urtica Dioica L., Akademie Verlag, Berlin 1959, str. 1, 3, 86– 88, 92 – 93
- [17] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/nessel/urtica01.html>  
[online 30. 1. 2007 ]
- [18] Mojžíš, B.: Len, jeho historie, pěstování a užití, SNTL, Praha 1988
- [19] <http://www.konopa.cz/index.php?dok=01270000000104,det>  
[online 2. 5. 2008 ]

- [20] Vogl C.R., Hartl A.: Production and processing of organically grown fiber nettle (*Urtica dioica* L.) and its potential use in the natural textile industry: A review, *American Journal of Alternative Agriculture*, Volume 18, Number 3, 2003
- [21] [http://www.dmu.ac.uk/faculties/art\\_and\\_design/research/team/sting/index.jsp](http://www.dmu.ac.uk/faculties/art_and_design/research/team/sting/index.jsp)  
[online 27.1.2008]
- [22] <http://www.nettleworld.com/page.php?id=14> [online 30.1.2008]
- [23] Situační a výhledová zpráva len a konopí 2007, MZE ČR, červen 2007
- [24] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Kop%C5%99iva\\_dvoudom%C3%A1](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kop%C5%99iva_dvoudom%C3%A1)  
[online 3.5.2008]
- [25] Šmirous P. a kol.: Lnářský zápisník 2008, nakladatelství Agritec s.r.o., Šumperk 2007
- [26] Machaňová, D.: Předúprava textilií I, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005, str. 75 - 76
- [27] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hemicelul%C3%B3za> [online 3.2.2008]
- [28] <http://www.ecolution.com/>  
[online 12.4.2008]
- [29] Bócsa I., Karus M.: *Der Hanfanbau: Botanik, Sorten, Anbau und Ernte*, C.F. Müller Verlag, Hüthig GmbH, Heidelberg 1997, english version, str.148, str.148
- [30] <http://www.vseprointerier.cz/clanek/tepelneizolacni-materialy/>  
[online 3.5.2008]
- [31] <http://www.konopa.cz/soubory/o0000000468.pdf>  
[online 3.5.2008]
- [32] Šmirous P., Krmela S.: *Pěstování, sklizeň a zpracování lnu přadného*, vydalo Ministerstvo zemědělství v České zemědělské tiskárně, s.r.o., Praha 1994
- [33] [http://www.zelfoshop.com/en/material/fibre\\_sources](http://www.zelfoshop.com/en/material/fibre_sources) [online 10.4.2008]
- [34] <http://www.zelfoshop.com/en/material/> [online 10.4.2008]
- [35] <http://www.canosmose.com/materiaux/materiaux.htm> [online 28.1.2008]
- [36] <http://www.hemp-production.cz/detail.php?id=54&kat=9> [online 3.5.2008]
- [37] Karlson, P.: *Základy biochemie*, Academia – nakladatelství ČSAV, Praha 1981, str. 88 - 89
- [38] [www.inotex.cz](http://www.inotex.cz) [online 7.2.2008]
- [39] BASCCI. L., BARONTI, S., CRISCI, A., PREDIERI, S., VIRGILIO, N.di., ROMANI, A., PINELLI, P.: *The cultivation of fiber nettle in Italy: First results.*

- 4th GLOBAL WORKSHOP (GENERAL CONSULTATION) OF THE  
FAO/SCORENA EUROPEAN COOPERATIVE RESEARCH NETWORK  
ON FLAX AND OTHER BAST PLANTS. Arad, Romania, p. 121-126, 2007.
- [40] MICHL, J.: Rostlinná výroba II – Olejniny. Skriptum. VŠZ v Praze, 1981, 223 s.
- [41] ANTONOV V., MAREK J. , BJELKOVÁ M. , ŠMIROUS P. , FISCHER H.:  
Easily Available Enzymes as Natural Retting Agents. Biotechnology Journal,  
ISSN 1860-6768, p. 342-346, 2, 2007
- [42] SMIROUS, P., BJELKOVÁ, M., ANTONOV, V., MAREK, J., ČALKOVÁ, H.,  
PEŇÁZ, V.: The influence of spray application of enzymes on fibre of fibre flax.  
11 th International Conference for Renewable Resources and Plant  
Biotechnology. NAROSSA. Poznan, Poland. June 6 - 7 2005
- [43] ANTONOV V., MAREK J., BJELKOVÁ M., ŠMIROUS P., PROVAZNÍK J:  
Biotechnologies for processing of natural fibre sources. 5th International  
Conference on Textile Biotechnology, October 21-24, 2007 Wuxi, China
- [44] ANTONOV VIKTOR, MAREK JAN, BJELKOVA MARIE, KOVACIC  
VLADIMIR, BEDNARIKOVA ZUZANA: Bast fibres value enhancement  
through application of enzymes. FAO/SCORENA 2008. International  
conference on flax and other bast plants. 21-23 July, 2008, Saskatoon, Canada.  
In press.
- [45] MAREK JAN, ANTONOV VIKTOR, BJELKOVA MARIE, SMIROUS  
PROKOP, FISCHER HOLGER,: Enzymatic bioprocessing – new tool of  
extensive natural fibre source utilization. FAO/SCORENA 2008. International  
conference on flax and other bast plants. 21-23 July, 2008, Saskatoon, Canada.  
In press.

#### **Převzaté obrázky:**

- [1] [http://bastfibersllc.com/images/512\\_structuredia.jpg](http://bastfibersllc.com/images/512_structuredia.jpg) [online 29.11.2007]
- [2] <http://www.clover.okstate.edu/fourh/aitc/photos/cotton2.jpg>  
[online 29.11.2007]
- [3] <http://epod.usra.edu/archive/epodviewer.php3?oid=352352>  
[online 4.2.2008 ]
- [4] <http://www.herbateka.eu/slike/kopriva.gif> [online 12.4.2008 ]
- [5] <http://www.sempra.cz/odrudy/ostatni/obr/len4.jpg> [online 4.2.2008 ]

- [6] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/nessel/urtica01.html>  
[online 30.1.2008 ]
- [7] Bredemann, G.: Die Grosse Brennessel Urtica Dioica L., Akademie Verlag, Berlin 1959, str. 72
- [8] Bredemann, G.: Die Grosse Brennessel Urtica Dioica L., Akademie Verlag, Berlin 1959, str. 18
- [9] Bredemann, G.: Die Grosse Brennessel Urtica Dioica L., Akademie Verlag, Berlin 1959, str. 76
- [10] <http://www.nettleworld.com/shop.php?shop=1&cat=29> [online 15.11.2007]
- [11] <http://www.nettleworld.com/shop.php?shop=1&cat=35> [online 3.5.2008]
- [12] [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Labeledstemforposter\\_copy.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Labeledstemforposter_copy.jpg)  
[online 30.1.2008]
- [13] Váša, F. a kol.: Přádné rostliny, Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1965, str. 222
- [14] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/nessel/urtica05.html>  
[online 30.1.2008]
- [15] Bredemann, G.: Die Grosse Brennessel Urtica Dioica L., Akademie Verlag, Berlin 1959, Tafel 2
- [16] [http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/6-rostlinna\\_vlakna.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/6-rostlinna_vlakna.pdf)  
[online 15.3..2008]
- [17] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/cs/b/b1/Celuloza.jpg>[online 3.5.2008]
- [18] <http://www.ecolution.com> [online 12.4.2008]
- [19] <http://www.hempflax.com/ml/hf.asp?ML=2> [ online 27.1.2008]
- [20] [http://www.zelfoshop.com/en/material/zelfo\\_process](http://www.zelfoshop.com/en/material/zelfo_process) [online 10.4.2008]
- [21] <http://www.canosmose.com/materiaux/materiaux.htm> [online 28.1.2008]
- [22] <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzym> [online 15.11.2007]
- [23] <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzym> [online 15.11.2007]